

Rec'd PCT/PTO 24 MAR 2005
PCT/JP 03/12101

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

22.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 2 年 9 月 2 4 日

REC'D 06 NOV 2003

WORLD PCT

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 2 7 8 2 3 5
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 8 2 3 5]

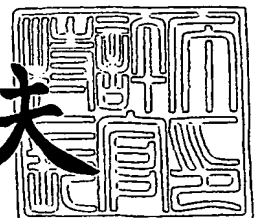
出 願 人
Applicant(s): コニカミノルタホールディングス株式会社
シャープ株式会社
独立行政法人産業技術総合研究所

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 0 月 2 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 DKY00795

【提出日】 平成14年 9月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/01
B41J 2/165

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都日野市さくら町1番地 コニカ株式会社内

 【氏名】 西 泰男

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号 シャープ株式会社内

 【氏名】 樋口 馨

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 村田 和広

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 横山 浩

【特許出願人】

 【持分】 034/100

 【識別番号】 000001270

 【氏名又は名称】 コニカ株式会社

【特許出願人】

 【持分】 033/100

 【識別番号】 000005049

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【特許出願人】

【持分】 033/100
【識別番号】 301021533
【氏名又は名称】 独立行政法人 産業技術総合研究所

【代理人】

【識別番号】 100090033
【弁理士】
【氏名又は名称】 荒船 博司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 027188
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液体吐出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 帯電した溶液の液滴の吐出を受ける受け面を有する基材にその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部から前記液滴を吐出する、先端部の内径が $30\ \mu\text{m}$ 以下のノズルと、
このノズル内に溶液を供給する溶液供給手段と、
前記ノズル内の溶液に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段とを備え、
前記ノズルの吐出口の周縁部に前記ノズルの基材よりも撥水性の高い膜が成膜されたことを特徴とする液体吐出装置。

【請求項 2】 前記ノズルの内面に前記ノズルの基材よりも撥水性の高い膜が成膜されたことを特徴とする請求項 1 に記載の液体吐出装置。

【請求項 3】 帯電した溶液の液滴の吐出を受ける受け面を有する基材にその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部から前記液滴を吐出する、先端部の内径が $30\ \mu\text{m}$ 以下のノズルと、
このノズル内に溶液を供給する溶液供給手段と、
前記ノズル内の溶液に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段とを備え、
前記ノズルがフッ素含有感光性樹脂により形成されたことを特徴とする液体吐出装置。

【請求項 4】 待機時に、前記溶液供給手段により、液面が前記ノズル内に位置するように前記溶液の供給圧力を制御することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載の液体吐出装置。

【請求項 5】 待機時に、前記溶液中の帯電成分を攪拌させる電圧を前記溶液に印加する攪拌電圧印加手段を備えたことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一項に記載の液体吐出装置。

【請求項 6】 前記吐出電圧印加手段と共通のハードウェアが、吐出開始電圧より小さい電圧範囲で振幅する繰り返し電圧を前記溶液に印加する動作を実行可能に構成されることにより、前記攪拌電圧印加手段が構成されてなることを特徴とする請求項 5 に記載の液体吐出装置。

【請求項 7】 少なくとも前記ノズルの流路の内側面を絶縁化すると共に、前記流路内の溶液の周囲であって前記絶縁化した部分よりも外側に流動供給用電極を設けたことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一項に記載の液体吐出装置。

【請求項 8】 前記ノズルの先端部の内径が $20\ \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項に記載の液体吐出装置。

【請求項 9】 前記ノズルの先端部の内径が $8\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 8 に記載の液体吐出装置。

【請求項 10】 前記ノズルの先端部の内径が $4\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 9 に記載の液体吐出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基材に液体を吐出する液体吐出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来のインクジェット記録方式としては、圧電素子の振動によりインク流路を変形させることによりインク液滴を吐出させるピエゾ方式、インク流路内に発熱体を設け、その発熱体を発熱させて気泡を発生させ、気泡によるインク流路内の圧力変化に応じてインク液滴を吐出させるサーマル方式、インク流路内のインクを帯電させてインクの静電吸引力によりインク液滴を吐出させる静電吸引方式が知られている。

【0003】

また、従来、目詰まり防止を目的として、溶媒中に色剤を分散させたインクをヘッド基板上に供給し、このインク中の色剤成分に静電力を作用させて、インク滴を記録媒体に飛翔させることにより画像を形成するインクジェット記録装置において、ヘッド基板上に設けられた複数の電極に対して、インク中の色剤成分を攪拌させる電圧を印加する電圧印加手段を備えたものがある（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開平9-193392号公報(第3-6頁、第2図)

【特許文献2】

特開平8-238774号公報

【特許文献3】

特開2000-127410号公報

【非特許文献1】

P. J. Birdseye and D.A. Smith, 「Surface Science」, 23 (1970) p
.198-210

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記各従来例には以下の問題あった。

(1) 微小液滴形成の安定性

ノズルの先端部の内径が大きいため、ノズルから吐出される液滴の形状が安定しない。

(2) 微小液滴の着弾精度の不足

ノズルから吐出した液滴に付与される運動エネルギーは、液滴半径の3乗に比例して小さくなる。このため、微小液滴は空気抵抗に耐えるほどの十分な運動エネルギーを確保できず、空気対流などによる擾乱を受け、正確な着弾が期待出来ない。さらに、液滴が微細になるほど、表面張力の効果が増すために、液滴の蒸気圧が高くなり蒸発量が激しくなる。このため微細液滴は、飛翔中の著しい質量の消失を招き、着弾時に液滴の形態を保つことすら難しいという事情があった。

以上のように液滴の微細化と高精度化は、相反する課題であり、両方を同時に実現することは困難であった。

この着弾位置精度の悪さは、印字画質を低下させるのみならず、例えばインクジェット技術により導電性インクを用いて回路の配線パターンを描画する際などには特に大きな問題となる。すなわち、位置精度の悪さは所望の太さの配線が描画出来ないばかりか、断線やショートを生ずることさえあり得る。

(3) 高印加電圧

従来の静電吸引方式の原理では、メニスカスの中心に電荷を集中させてメニスカスの隆起を発生する。この隆起したテーラーコーン先端部の曲率半径は、電荷の集中量により定まり、集中した電荷量と電界強度による静電力がそのときのメニスカスの表面張力より勝った時に液滴の分離が始まる。

メニスカスの最大電荷量は、インクの物性値とメニスカス曲率半径により定まるため、最小の液滴のサイズはインクの物性値（特に表面張力）とメニスカス部に形成される電界強度により定まる。

一般的に、液体の表面張力は純粋な溶媒よりも溶剤を含んだ方が表面張力は低くなる傾向があり、実際のインクにおいても種々の溶剤を含んでいるため、表面張力を高くすることは難しい。このため、インクの表面張力を一定と考え、電界強度を高くすることにより液滴サイズを小さくする方法が採られていた。

従って、上記の特許文献2，3に開示されたインクジェット装置では、両者とも吐出原理として、吐出液滴の投影面積よりもはるかに広い面積のメニスカス領域に強い電界強度のフィールドを形成することにより該メニスカスの中心に電荷を集中させ、該集中した電荷と形成している電界強度からなる静電力により吐出を行うため、2000[V]に近い非常に高い電圧を印加する必要があり、駆動制御が難しいと共に、インクジェット装置を操作するうえでの安全性の面からも問題があった。

(4) 吐出応答性

上記の特許文献2，3に開示されたインクジェット装置では、両者とも吐出原理として、吐出液滴の投影面積よりもはるかに広い面積のメニスカス領域に強い電界強度のフィールドを形成することにより該メニスカスの中心に電荷を集中させ、該集中した電荷と形成している電界強度からなる静電力により吐出を行うため、メニスカス部の中心に電荷が移動するための電荷の移動時間が吐出応答性に影響し、印字速度の向上において問題となっていた。

【0006】

そこで、微細液滴を吐出可能な液体吐出装置を提供することを第一の目的とする。また同時に、安定した液滴を吐出することが可能な液体吐出装置を提供する

ことを第二の目的とする。さらに、微小液滴を吐出可能で、且つ着弾精度のよい液体吐出装置の提供を第三の目的とする。さらに、印加電圧を低減することが可能な液体吐出装置を提供することを第四の目的とする。

【0007】

また、ノズルの小径化、ノズルの多数化に伴い、高い頻度でノズルの目詰まりが発生することが懸念される。したがって、ノズル周辺に溶液が付着することを抑え、溶液がノズルに固着することを防ぎ、ノズルの目詰まりを防止することを第五の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するための請求項1記載の発明は、
帯電した溶液の液滴の吐出を受ける受け面を有する基材にその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部から前記液滴を吐出する、先端部の内径が $30\mu\text{m}$ 以下のノズルと、
このノズル内に溶液を供給する溶液供給手段と、
前記ノズル内の溶液に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段とを備え、
前記ノズルの吐出口の周縁部に前記ノズルの基材よりも撥水性の高い膜が成膜されたことを特徴とする液体吐出装置である。

【0009】

上述の構成において、「帯電した溶液の液滴の吐出を受ける受け面を有する基材」とは、吐出された溶液の液滴の着弾を受ける対象物をいい、材質的には特に限定しない。例えば、上記構成をインクジェットプリンタに適応した場合には用紙やシート等の記録媒体であり、導電性ペーストを用いて回路の形成を行う場合には回路が形成されるべきベースである。

【0010】

上記構成にあつては、ノズルの先端部に液滴の受け面が対向するように、ノズル又は基材が配置される。これら相互の位置関係を実現するための配置作業は、ノズルの移動又は基材の移動のいずれにより行っても良い。

【0011】

そして、溶液供給手段によりノズル内に溶液が供給される。ノズル内の溶液は吐出を行うために帯電した状態にあることが要求される。溶液の帯電は、吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段により、吐出されない範囲での電圧印加により行っても良いし、帯電専用の電極を設けても良い。

【0012】

上記構成にあつては、ノズルの吐出口の周縁部に溶液が付着することを抑えることができるので、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを抑えることができる。

【0013】

上記構成にあつては、ノズルを従来にない超微細径とすることでノズル先端部に電界を集中させて電界強度を高めることに特徴がある。ノズルの小径化に関しては後の記載により詳述する。かかる場合、ノズルの先端部に対向する対向電極がなくとも液滴の吐出を行うことが可能である。例えば、対向電極が存在しない状態で、ノズル先端部に対向させて基材を配置した場合、当該基材が導体である場合には、基材の受け面を基準としてノズル先端部の面对称となる位置に逆極性の鏡像電荷が誘導され、基材が絶縁体である場合には、基材の受け面を基準として基材の誘電率により定まる対称位置に逆極性の映像電荷が誘導される。そして、ノズル先端部に誘起される電荷と鏡像電荷又は映像電荷間での静電力により液滴の飛翔が行われる。

但し、本発明の構成は、対向電極を不要とすることを可能とするが、対向電極を併用しても構わない。対向電極を併用することで、ノズルー対向電極間での電界による静電力を飛翔電極の誘導のために併用することも可能となるし、対向電極を接地すれば、帯電した液滴の電荷を対向電極を介して逃がすことができ、電荷の蓄積を低減する効果も得られるので、むしろ併用することが望ましい構成といえる。

【0014】

請求項2記載の発明は、
前記ノズルの内面に前記ノズルの基材よりも撥水性の高い膜が成膜されたことを特徴とする請求項1に記載の液体吐出装置である。

【0015】

したがって請求項2記載の発明によれば、ノズルの内面に溶液が付着することを抑えることができるので、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを抑えることができる。

【0016】

請求項3記載の発明は、
帯電した溶液の液滴の吐出を受ける受け面を有する基材にその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部から前記液滴を吐出する、先端部の内径が $30\mu\text{m}$ 以下のノズルと、
このノズル内に溶液を供給する溶液供給手段と、
前記ノズル内の溶液に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段とを備え、
前記ノズルがフッ素含有感光性樹脂により形成されたことを特徴とする液体吐出装置である。

【0017】

したがって請求項3記載の発明によれば、ノズルに溶液が付着することを抑えることができるので、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを抑えることができる。

【0018】

請求項4記載の発明は、
待機時に、前記溶液供給手段により、液面が前記ノズル内に位置するように溶液の供給圧力を制御することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の液体吐出装置である。

【0019】

ここで、「待機時」とは、液体吐出装置の稼動中において、次の吐出に備えている時をいう。

したがって請求項4記載の発明によれば、液面がノズル内にあるので、溶液がノズル吐出口付近に付着することを抑えることができる。また、溶液の乾燥を防ぎ、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができる。

【0020】

請求項5記載の発明は、
待機時に、前記溶液中の帯電成分を攪拌させる電圧を前記溶液に印加する攪拌電圧印加手段を備えたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の液体吐出装置である。

【0021】

したがって請求項5記載の発明によれば、溶液内の帯電成分を均一に拡散した状態に保つことができるので、帯電成分が凝集することを抑えることができる。また、溶液を絶えず動かすことができるので、ノズル内に溶液が付着することを抑え、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができる。

【0022】

請求項6記載の発明は、
前記吐出電圧印加手段と共通のハードウェアが、吐出開始電圧より小さい電圧範囲で振幅する繰り返し電圧を前記溶液に印加する動作を実行可能に構成されることにより、前記攪拌電圧印加手段が構成されてなることを特徴とする請求項5に記載の液体吐出装置である。

【0023】

したがって請求項6記載の発明によれば、吐出電圧印加手段により電圧を印加するので、簡単な構造で溶液に電圧を印加することができる。さらに、吐出開始電圧より小さい電圧範囲で振幅する繰り返し電圧を印加するので、液滴を吐出させない状態で、溶液中の帯電成分を攪拌させることができ、帯電成分が凝集することを抑えることができる。また、溶液を絶えず動かすことができるので、ノズル内に溶液が付着することを抑え、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができる。

【0024】

請求項7記載の発明は、
少なくとも前記ノズルの流路の内側面を絶縁化すると共に、前記流路内の溶液の周囲であって前記絶縁化した部分よりも外側に流動供給用電極を設けたことを特

徴とする請求項 1～6 のいずれか一項に記載の液体吐出装置である。

【0025】

上記構成において、「絶縁化した部分よりも外側に流動供給用電極を設ける」とは、ノズルの内側に絶縁膜を介して流動供給用電極を設ける場合も、ノズル全体を絶縁素材で形成すると共にノズルの外側に流動供給用電極を設ける場合も含むことを意味するものである。

【0026】

一般に、管路の内面を絶縁すると共に当該絶縁部を介して設けた電極と、管路の内側の溶液に電圧を印加する電極とにより相互間に電位差を設けて各電極に電圧を印加すると、絶縁された管路の内面に対する溶液のぬれ性が向上するという、いわゆるエレクトロウエット現象の効果を得ることができる。

上記発明の構成にあつては、ノズルの内側面を絶縁化した部分の外側に設けられた流動供給用電極による印加電圧と吐出電圧印加手段による印加電圧とに電位差を設けることで、エレクトロウエット効果によりノズル内のぬれ性の向上を図ることができ、エレクトロウエット効果によるノズル内への溶液供給の円滑化を達成することができる。

【0027】

請求項 8 記載の発明は、
前記ノズルの先端部の内径が $20\ \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項に記載の液体吐出装置である。

【0028】

請求項 9 記載の発明は、
前記ノズルの先端部の内径が $8\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 8 に記載の液体吐出装置である。

【0029】

請求項 10 記載の発明は、
前記ノズルの先端部の内径が $4\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 9 に記載の液体吐出装置である。

【0030】

ノズルの先端部の内径を $20[\mu\text{m}]$ 未満とすることにより、電界強度分布が狭くなる。このことにより、電界を集中させることができる。その結果、形成される液滴を微小で且つ形状の安定化したものとすることができると共に、総印加電圧を低減することができる。また、液滴は、ノズルから吐出された直後、電界と電荷の間に働く静電力により加速されるが、ノズルから離れると電界は急激に低下するので、その後は、空気抵抗により減速する。しかしながら、微小液滴でかつ電界が集中した液滴は、対向電極に近づくにつれ、鏡像力により加速される。この空気抵抗による減速と鏡像力による加速とのバランスをとることにより、微小液滴を安定に飛翔させ、着弾精度を向上させることが可能となる。

また、ノズルの先端部の内径は、 $8[\mu\text{m}]$ 以下であることが好ましい。ノズルの先端部の内径を $8[\mu\text{m}]$ 以下とすることにより、さらに電界を集中させることが可能となり、さらなる液滴の微小化と、飛翔時に対向電極の距離の変動が電界強度分布に影響することを低減させることができるので、対向電極の位置精度や基材の特性や厚さの液滴形状への影響や着弾精度への影響を低減することができる。

さらに、ノズルの先端部の内径を $4[\mu\text{m}]$ 以下とすることにより、顕著な電界の集中を図ることができ、最大電界強度を高くすることができ、形状の安定な液滴の超微小化と、液滴の初期吐出速度を大きくすることができる。これにより、飛翔安定性が向上することにより、着弾精度をさらに向上させ、吐出応答性を向上することができる。

また、ノズルの先端部の内径は $0.2[\mu\text{m}]$ より大きい方が望ましい。ノズルの先端部の内径を $0.2[\mu\text{m}]$ より大きくすることで、液滴の帯電効率を向上させることができるので、液滴の吐出安定性を向上させることができる。

さらに、上記各請求項の構成において、

(1) ノズルを電気絶縁材で形成し、ノズル内に電極を挿入あるいはめっき形成することが好ましい。

(2) 上記各請求項の構成又は上記(1)の構成において、ノズルを電気絶縁材で形成し、ノズル内に電極を挿入あるいはめっき形成すると共にノズルの外側に電極を設けることが好ましい。

(1) 及び(2)により、上記各請求項による作用効果に加え、吐出力を向上

させることができるので、ノズルの先端部の内径をさらに微小化しても、低電圧で液を吐出することができる。

(3) 上記各請求項の構成、上記(1)又は(2)の構成において、基材を導電性材料または絶縁性材料により形成することが好ましい。

(4) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)又は(3)の構成において、ノズルに印加する電圧 V を

【数1】

$$h \sqrt{\frac{\gamma\pi}{2\epsilon_0 r}} > V > \sqrt{\frac{2\gamma k}{\epsilon_0}} r \quad (15)$$

で表される流域において駆動することが好ましい。

ただし、 γ ：液体の表面張力、 ϵ_0 ：真空の誘電率、 r ：ノズル半径、 h ：ノズル-基板間距離、 k ：ノズル形状に依存する比例定数 ($1.5 < k < 8.5$) とする。

(5) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)、(3)又は(4)の構成において、印加する任意波形電圧が1000V以下であることが好ましい。

(6) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)、(3)、(4)又は(5)の構成において、印加する任意波形電圧が500V以下であることが好ましい。

(7) 上記各請求項の構成、上記(1)～(6)いずれかの構成において、ノズルと基板との距離が500[μm]以下とすることが、ノズルの先端部の内径を微細にした場合でも高い着弾精度を得ることができるので好ましい。

(8) 上記各請求項の構成、上記(1)～(7)いずれかの構成において、ノズル内の溶液に圧力を印加するように構成することが好ましい。

(9) 上記各請求項の構成、上記(1)～(8)いずれかの構成において、単一パルスによって吐出する場合、

【数2】

$$\tau = \frac{\epsilon}{\sigma} \quad (20)$$

により決まる時定数 τ 以上のパルス幅 Δt を印加する構成としても良い。ただし、 ϵ : 流体の誘電率、 σ : 導電率とする。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下の各実施形態で説明する液体吐出装置のノズルの先端部の内径（以下、「ノズル径」という。）は、 $30[\mu\text{m}]$ 以下であることが好ましく、さらに好ましくは $20[\mu\text{m}]$ 未満、さらに好ましくは $8[\mu\text{m}]$ 以下、さらに好ましくは $4[\mu\text{m}]$ 以下とすることが好ましい。また、ノズル径は、 $0.2[\mu\text{m}]$ より大きいことが好ましい。以下、ノズル径と電界強度との関係について、図1～図6を参照しながら以下に説明する。図1～図6に対応して、ノズル径を $\phi 0.2, 0.4, 1, 8, 20[\mu\text{m}]$ 及び参考として従来にて使用されているノズル径 $\phi 50[\mu\text{m}]$ の場合の電界強度分布を示す。

ここで、各図において、ノズル中心位置とは、ノズルの液体吐出孔の液体吐出面の中心位置を示す。また、各々の図の（a）は、ノズルと対向電極との距離が $2000[\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、（b）は、ノズルと対向電極との距離が $100[\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。なお、印加電圧は、各条件とも $200[\text{V}]$ と一定にした。図中の分布線は、電荷強度が $1 \times 10^6 [\text{V/m}]$ から $1 \times 10^7 [\text{V/m}]$ までの範囲を示している。

図7に、各条件下での最大電界強度を示す図表を示す。

図1～図6から、ノズル径が $\phi 20[\mu\text{m}]$ （図5）以上だと電界強度分布は広い面積に広がっていることが分かった。また、図7の図表から、ノズルと対向電極の距離が電界強度に影響していることも分かった。

これらのことから、ノズル径が $\phi 8[\mu\text{m}]$ （図4）以下であると電界強度は集中すると共に、対向電極の距離の変動が電界強度分布にほとんど影響することがなくなる。従って、ノズル径が $\phi 8[\mu\text{m}]$ 以下であれば、対向電極の位置精度及び基材の材料特性のバラ付きや厚さのバラツキの影響を受けずに安定した吐出が可能となる。ここで、1[p1]の液適量のインク2を吐出するには、ノズル径を $\phi 10[\mu\text{m}]$ にする必要があるので、上記のように、ノズル径が $8[\mu\text{m}]$ 以下であれば、液適量が1[p1]以下にすることは可能である。

次に、上記ノズルのノズル径のメニスカス部の最大電界強度と強電界領域の関係を図 8 に示す。

図 8 に示すグラフから、ノズル径が $\phi 4[\mu\text{m}]$ 以下になると、電界集中が極端に大きくなり最大電界強度を高くすることができるのが分かった。これによって、溶液の初期吐出速度を大きくすることができるので、液滴の飛翔安定性が増すと共に、メニスカス部での電荷の移動速度が増すために吐出応答性が向上する。

続いて、吐出した液滴における帯電可能な最大電荷量について、以下に説明する。液滴に帯電可能な電荷量は、液滴のレイリー分裂（レイリー限界）を考慮した以下の（5）式で示される。

$$q = 8 \times \pi \times (\epsilon_0 \times \gamma \times r^3)^{1/2} \quad (5)$$

ここで、 q はレイリー限界を与える電荷量、 ϵ_0 は真空の誘電率、 γ はインクの表面張力、 r はインク液滴の半径である。

上記（5）式で求められる電荷量 q がレイリー限界値に近いほど、同じ電界強度でも静電力が強く、吐出の安定性が向上するが、レイリー限界値に近すぎると、逆にノズルの液体吐出孔で溶液の霧散が発生してしまい、吐出安定性に欠けてしまう。

ここで、ノズルのノズル径とメニスカス部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示すグラフを図 9 に示す。

図 9 に示すグラフから、ノズル径が $\phi 0.2[\mu\text{m}]$ から $\phi 4[\mu\text{m}]$ の範囲において、吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比が 0.6 を超え、液滴の退園効率が良い結果となっており、該範囲において安定した吐出が行えることが分かった。

例えば、図 10 に示すノズル径とメニスカス部の強電界（ $1 \times 10^6[\text{V/m}]$ 以上）の領域の関係で表されるグラフでは、ノズル径が $\phi 0.2[\mu\text{m}]$ 以下になると電界集中の領域が極端に狭くなることが示されている。このことから、吐出する液滴は、加速するためのエネルギーを十分に受けることができず飛翔安定性が低下することを示す。よって、ノズル径は $\phi 0.2[\mu\text{m}]$ より大きく設定することが好ましい。

【0032】

(実施形態 (イ))

以上説明した技術の実施にあたり、ノズルの目詰まり防止性を改善する実施形態を実施形態 (イ) として以下に図 11～図 15 を参照して説明する。

【0033】

(液体吐出装置の全体構成)

以下、液体吐出装置について図 11 乃至図 12 に基づいて説明する。図 11 は後述するノズル 21 に沿った液体吐出装置 20 の断面図であり、図 12 は溶液の吐出動作と溶液に印加される電圧との関係を示す説明図であって、図 12 (A) は吐出を行わない状態であり、図 12 (B) は吐出状態を示す。

この液体吐出装置 20 は、帯電可能な溶液の液滴をその先端部から吐出する超微細径のノズル 21 と、ノズル 21 の先端部に対向する対向面を有すると共にその対向面で液滴の着弾を受ける基材 K を支持する対向電極 23 と、ノズル 21 内の流路 22 に溶液を供給する溶液供給手段 31 と、ノズル 21 内の溶液に吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段 25 と、吐出電圧印加手段 25 による吐出電圧の印加を制御する動作制御手段 50 とを備えている。なお、上記ノズル 21 と溶液供給手段の一部の構成と吐出電圧印加手段 25 の一部の構成はノズルプレート 26 により一体的に形成されている。

なお、図 11 では、説明の便宜上、ノズル 21 の先端部が上方を向き、ノズル 21 の上方に対向電極 23 が配設されている状態で図示されているが、実際上は、ノズル 21 が水平方向か或いはそれよりも下方、より望ましくは垂直下方に向けた状態で使用される。

【0034】

(ノズル)

上記ノズル 21 は、後述するノズルプレート 26 の上面層 26c と共に一体的に形成されており、当該ノズルプレート 26 の平板面上から垂直に立設されている。さらに、ノズル 21 にはその先端部からその中心線に沿って貫通するノズル内流路 22 が形成されている。

【0035】

ノズル 21 についてさらに詳説する。ノズル 21 は、前述の通り、超微細径で

形成されている。具体的な各部の寸法の一例を挙げると、ノズル内流路 22 の内径は、1[μm]、ノズル 21 の先端部における外径は2[μm]、ノズル 21 の根元の直径は5[μm]、ノズル 21 の高さは100[μm]に設定されており、その形状は限りなく円錐形に近い円錐台形に形成されている。また、ノズル 21 はその全体がノズルプレート 26 の上面層 26c と共に絶縁性の樹脂材により形成されている。

【0036】

(溶液供給手段)

溶液供給手段は、ノズルプレート 26 の内部であってノズル 21 の根元となる位置に設けられると共にノズル内流路 22 に連通する溶液室 24 と、図示しない外部の溶液タンクから溶液室 24 に溶液を導く供給路 27 と、溶液室 24 への溶液の供給圧力を付与する図示しない供給ポンプとを備えている。

上記供給ポンプは、ノズル 21 の先端部まで溶液を供給し、当該先端部からこぼれ出さない範囲の供給圧力を維持して溶液の供給を行う（図 12 (A) 参照）。

【0037】

(吐出電圧印加手段)

吐出電圧印加手段 25 は、ノズルプレート 26 の内部であって溶液室 24 とノズル内流路 22 との境界位置に設けられた吐出電圧印加用の吐出電極 28 と、この吐出電極 28 に常時、直流のバイアス電圧を印加するバイアス電源 30 と、吐出電極 28 にバイアス電圧に重畳して吐出に要する電位とするパルス電圧を印加する吐出電圧電源 29 と、を備えている。

【0038】

上記吐出電極 28 は、溶液室 24 内部において溶液に直接接触し、溶液を帯電させると共に吐出電圧を印加する。

バイアス電源 30 によるバイアス電圧は、溶液の吐出が行われない範囲で常時電圧印加を行うことにより、吐出時に印加すべき電圧の幅を予め低減し、これによる吐出時の反応性の向上を図っている。

【0039】

吐出電圧電源 29 は、動作制御手段 50 に制御され、溶液の吐出を行う際の

みパルス電圧をバイアス電圧に重畳させて印加する。このときの重畳電圧 V は次式 (25) の条件を満たすようにパルス電圧の値が設定されている。

【数 3】

$$V > \sqrt{\frac{2\gamma kr}{\epsilon_0}} \quad (25)$$

但し、 γ : 溶液の表面張力、 ϵ_0 : 真空の誘電率、 r : ノズル半径、 k : ノズル形状に依存する比例定数 ($1.5 < k < 8.5$) とする。

重畳電圧 V が吐出開始電圧 V_c 以上の場合には、ノズルから溶液が吐出される。

一例を挙げると、バイアス電圧は DC300[V] で印加され、パルス電圧は 100[V] で印される。従って、吐出の際の重畳電圧は 400[V] となる。

【0040】

(ノズルプレート)

ノズルプレート 26 は、図 11 において最も下層に位置するベース層 26a と、その上に位置する溶液の供給路を形成する流路層 26b と、この流路層 26b のさらに上に形成される上面層 26c とを備え、流路層 26b と上面層 26c との間には前述した吐出電極 28 が介挿されている。

上記ベース層 26a は、シリコン基板或いは絶縁性の高い樹脂又はセラミックにより形成され、その上に溶解可能な樹脂層を形成すると共に供給路 27 及び溶液室 24 のパターンに従う部分のみを残して除去し、除去された部分に絶縁樹脂層を形成する。この絶縁樹脂層が流路層 26b となる。そして、この絶縁樹脂層の上面に導電素材 (例えば NiP) の無電解めっきにより吐出電極 28 を形成し、さらにその上から絶縁性のレジスト樹脂層を形成する。このレジスト樹脂層が上面層 26c となるので、この樹脂層はノズル 21 の高さを考慮した厚みで形成される。そして、この絶縁性のレジスト樹脂層を電子ビーム法やフェムト秒レーザーにより露光し、ノズル形状を形成する。ノズル内流路 22 もレーザー加工により形成される。そして、供給路 27 及び溶液室 24 のパターンに従う溶解可能な樹脂

層を除去し、これら供給路 27 及び溶液室 24 が開通してノズルプレートが完成する。

【0041】

レジスト樹脂層により形成されたノズル基材を無電解Ni-P処理後、フッ化ピッチを共析させることにより、ノズル基材よりも撥水性の高い膜を形成する。図13は実施形態(イ)のノズルの断面図である。図13に示すように、ノズルの吐出口の周縁部表面やノズルの内面に撥水膜101, 102を成膜する。

【0042】

また、ノズル基材に無電解めっきNi-P処理後、上村工業(株)製、メタフロンNFめっきによりPTFE粒子をめっき膜中に共析させることにより撥水膜を形成したり、ノズル基材に旭硝子(株)製、商品名サイトップ等を塗布して撥水膜を形成したり、フッ素含有感光性樹脂によりノズルを形成したりしてもよい。

【0043】

(対向電極)

図11に示すように、対向電極23は、ノズル21に垂直な対向面を備えており、かかる対向面に沿うように基材Kの支持を行う。ノズル21の先端部から対向電極23の対向面までの距離は、一例としては100[μm]に設定される。

また、この対向電極23は接地されているため、常時、接地電位を維持している。従って、パルス電圧の印加時にはノズル21の先端部と対向面との間に生じる電界による静電力により吐出された液滴を対向電極23側に誘導する。

なお、液体吐出装置20は、ノズル21の超微細化による当該ノズル21の先端部での電界集中により電界強度を高めることで液滴の吐出を行うことから、対向電極23による誘導がなくとも液滴の吐出を行うことは可能ではあるが、ノズル21と対向電極23との間での静電力による誘導が行われた方が望ましい。また、帯電した液滴の電荷を対向電極23の接地により逃がすことも可能である。

【0044】

(動作制御手段)

動作制御手段50は、実際的にはCPU, ROM, RAM等を含む演算装置で

構成される。上記動作制御手段 50 は、バイアス電源 30 による電圧の印加を連続的行わせると共に、外部からの吐出指令の入力を受けると吐出電圧電源 29 による駆動パルス電圧の印加を行わせる。

【0045】

(液体吐出装置による微小液滴の吐出動作)

図 11 及び図 12 により液体吐出装置 20 の動作説明を行う。

溶液供給手段の供給ポンプによりノズル内流路 22 には溶液が供給された状態にあり、かかる状態でバイアス電源 30 により吐出電極 28 を介してバイアス電圧が溶液に印加されている。かかる状態で、溶液は帯電すると共に、ノズル 21 の先端部において溶液による凹状に窪んだメニスカスが形成される (図 12 (A))。

そして、動作制御手段 50 に吐出指令信号が入力され、吐出電圧電源 29 によりパルス電圧が印加されると、ノズル 21 の先端部では集中された電界の電界強度による静電力により溶液がノズル 21 の先端側に誘導され、外部に突出した凸状メニスカスが形成されると共に、かかる凸状メニスカスの頂点により電界が集中し、ついには溶液の表面張力に抗して微小液滴が対向電極側に吐出される (図 12 (B))。

【0046】

上記液体吐出装置 20 は、従来にない微小径のノズル 21 により液滴の吐出を行うので、ノズル内流路 22 内で帯電した状態の溶液により電界が集中され、電界強度が高められる。このため、従来のように電界の集中化が行われない構造のノズル (例えば内径 $100[\mu\text{m}]$) では吐出に要する電圧が高くなり過ぎて事実上吐出不可能とされていた微細径でのノズルによる溶液の吐出を従来よりも低電圧で行うことを可能としている。

そして、微細径であるがために、ノズルコンダクタンスの低さによりその単位時間あたりの吐出流量を低減する制御を容易に行うことができると共に、パルス幅を狭めることなく十分に小さな液滴径 (上記各条件によれば $0.8[\mu\text{m}]$) による溶液の吐出を実現している。

さらに、吐出される液滴は帯電されているので、微小の液滴であっても蒸気圧

が低減され、蒸発を抑制することから液滴の質量の損失を低減し、飛翔の安定化を図り、液滴の着弾精度の低下を防止する。

【0047】

図14に実施形態(イ)の吐出待機時の電圧印加パターンを示す。ここで、吐出待機時とは、液体吐出装置の稼動中において、次の吐出に備えている時をいう。図14において、縦軸は印加電圧 V 、横軸は時間の経過 t を表す。吐出待機時に、吐出開始電圧 V_c より小さい異なる電圧 V_a 、 V_b を交互に印加する。 V_a を印加する時間 T_1 、 V_b を印加する時間 T_2 は、 $T_1 = T_2$ 、 $T_1 > T_2$ 、 $T_1 < T_2$ のいずれでもよい。電圧印加パターンは図14のようなパルス波でもよいし、正弦波でもよい。そのため、溶液中の帯電成分が攪拌されるとともに、ノズル内で液面が振幅する。その結果、溶液中の帯電成分が凝集し難く、ノズル内に溶液が固着し難いので、ノズルの目詰まりを防止することができる。

【0048】

図16は実施形態(イ)の実施例の実験条件と実験結果を示す図表である。図16に示すように、ノズルに撥水膜を形成しなかった場合と、ノズルの吐出口の周縁部表面に撥水膜101を形成した場合(撥水膜領域1)と、ノズルの吐出口の周縁部表面とノズルの内面に撥水膜101、102を形成した場合(撥水膜領域2)、吐出待機時に図14に示す電圧を印加しなかった場合と、印加した場合に分け、条件1～6の場合において、応答性と目詰まりについて実験を行った。テストインクは粘性8 cP、比抵抗 $10^8 \Omega \text{ cm}$ 、表面張力30 mN/mのものをを用いた。図15に実施形態(イ)のテスト駆動パターンを示す。10分間ずつ吐出している状態と待機状態とを交互に繰り返し、5時間続けた。 $T_1 = 1$ 秒、 $T_2 = 1$ 秒とした。また、 $V_a = 380 \text{ V}$ 、 $V_b = 300 \text{ V}$ とした。

【0049】

応答性の評価は、5時間経過後、ガラス板に連続で100打点描画し、その形状の抜け、均一性について主観的に評価したものであり、5：極めて良い、4：良い、3：普通、2：やや悪い、1：悪いの5段階で評価した。

目詰まりの評価は、5時間経過後、吐出していればOKとした。

【0050】

ノズル表面に撥水膜がなく、待機時に図 14 に示す吐出待機時の電圧印加パターンを印加しなかった条件 1 の場合は、開始後 30 分でノズルの目詰まりが生じ、実験を続けることができなかった。

図 16 に示すように、条件 3、5 を比較すると、ノズルの吐出口の周縁部表面に撥水膜 101 を形成した場合より、ノズルの吐出口の周縁部表面とノズルの内面に撥水膜 101, 102 を形成したした場合のほうが応答性がより良い結果となった。

また、条件 1、2 を比較すると、待機時に図 14 に示す吐出待機時の電圧印加パターンを印加した場合のほうが応答性が良かった。さらにノズルの吐出口の周縁部表面に撥水膜 101 を形成した条件 4 の場合のほうが応答性が良く、ノズルの吐出口の周縁部表面とノズル内面に撥水膜 101, 102 を形成した条件 6 の場合が、今回の実験中で最も応答性が良かった。

ノズル吐出口やノズル内に溶液が固着すると、吐出するドットに抜けが生じ、形状が不均一になる。したがって、応答性は、目詰まりの程度を表す指標になるといえる。本実験の結果により、ノズルに撥水膜を形成すること、吐出待機時にノズル内の溶液に吐出開始電圧 V_c より小さく、変動する電圧を印加することが、ノズルの目詰まりを防止することに有効であるといえる。

【0051】

ノズルの吐出口の周縁部やノズルの内面がノズル基材よりも撥水性が高いことにより、溶液がノズルに付着し難く、溶液がノズルに固着し難くなるため、ノズルの目詰まりを防止することができる。

また、待機時にノズル内で液面を振幅させ、溶液中の帯電成分を攪拌させることにより、ノズル内に溶液が付着することを抑え、溶液中の帯電成分が凝集し難くなる。その結果、ノズルの目詰まりを防止することができる。

【0052】

(実施形態 (ロ))

次に、ノズルの目詰まり防止性を改善する他の実施形態を実施形態 (ロ) として図 17 及び図 18 を参照して説明する。図 17 は、実施形態 (ロ) のノズルに沿った液体吐出装置の断面図である。図 18 (A) は、ノズル内流路内の溶液が

ノズルの先端部において凹状にメニスカスを形成している状態を示す図である。図 18 (B) は、ノズル内流路 22 内の溶液がノズル 21 の先端部において凸状にメニスカスを形成している状態を示す図である。図 18 (C) は、ノズル内流路 22 内の溶液の液面を所定距離だけ引き込んだ状態を示す図である。液体吐出装置のしくみは実施形態 (イ) とほぼ同じであるので、実施形態 (イ) と異なる部分のみ説明する。

【0053】

図 17 に示すように、ノズルプレート 26 の最下層に位置するベース層 26 a を金属板で形成し、このベース層 26 a の上面全体に絶縁性の高い樹脂を膜状に形成し、絶縁層 26 d を形成する。

【0054】

溶液供給手段 31 として、さらにピエゾ素子 41 と、このピエゾ素子 41 に変形を起こすための駆動電圧を印加する駆動電圧電源 42 とを備える。駆動電圧電源 42 は、動作制御手段 50 の制御により、ノズル内流路 22 内の溶液がノズル 21 の先端部において凹状にメニスカスを形成している状態 (参照図 18 (A)) から凸状にメニスカスを形成する状態 (参照図 18 (B)) となるために適当な溶液室 24 の容積の減少をピエゾ素子 41 がもたらすための適当な電圧値に応じた駆動電圧を出力する。また、駆動電圧電源 42 は、動作制御手段 50 の制御により、ノズル内流路 22 内の溶液がノズル 21 の先端部において凹状にメニスカスを形成している状態 (参照図 18 (A)) から液面を所定距離だけ引き込んだ状態 (参照図 18 (C)) となるために適当な溶液室 24 の容積の増加をピエゾ素子 41 がもたらすための適当な電圧値に応じた駆動電圧を出力する。すなわち、ピエゾ素子 41 に所定電圧を印加して、ベース層 26 a を図 17 の位置において内側又は外側のいずれにも窪ませることで溶液室 24 の内部容積を縮小又は増加させ、内圧変化によりノズル 21 の先端部に溶液の凸状メニスカスを形成し又は液面を内側に引き込むことを可能とする。

吐出待機時には、動作制御手段 50 の制御により、ピエゾ素子 41 に所定電圧が印加され、図 18 (A) や図 18 (C) に示すように、溶液の液面がノズル内に位置するように制御される。

【0055】

実施形態（イ）では、吐出待機時にノズル内の溶液に吐出開始電圧 V_c より小さく、変動する電圧を印加することで、目詰まりを防止する効果を得たが、実施形態（ロ）では、待機時に溶液供給手段により、液面がノズル内に位置するように溶液の供給圧力を制御することで、目詰まりを防止する。

また、溶液供給手段の供給ポンプにより、液面がノズル内に位置するように溶液の供給圧力を制御してもよい。

【0056】

実施形態（ロ）によれば、液面がノズル内にあるので、溶液がノズル吐出口付近に付着することを抑えることができる。また、溶液の乾燥を防ぎ、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができる。

【0057】

〔液体吐出装置の理論説明〕

以下に、本発明による液体吐出の理論説明及びこれに基づく基本例の説明を行う。なお、以下に説明する理論及び基本例におけるノズルの構造、各部の素材及び吐出液体の特性、ノズル周囲に付加する構成、吐出動作に関する制御条件等全ての内容は、可能な限り上述した各実施形態中に適用しても良いことはいうまでもない。

【0058】

（印加電圧低下および微少液滴量の安定吐出実現の方策）

本発明では、静電吸引型インクジェット方式において果たすノズルの役割を再考察し、

【数4】

$$r < \frac{\lambda_c}{4} \quad (5)$$

即ち、

【数5】

$$r < \frac{\pi \gamma h^2}{2\epsilon_0 V^2} \quad (6)$$

或いは

【数6】

$$V < \sqrt{\frac{\pi \gamma}{2\epsilon_0 r}} \cdot h \quad (7)$$

という従来吐出不可能として試みられていなかった領域において、マクスウェル力などを利用することで、微細液滴を形成することができる。

このような駆動電圧低下および微少量吐出実現の方策のための吐出条件等を近似的に表す式を導出したので以下に述べる。

以下の説明は、上記各本発明の実施形態で説明した液体吐出装置に適用可能である。

いま、半径 r のノズルに導電性溶液を注入し、基材としての無限平板導体から h の高さに垂直に位置させたと仮定する。この様子を図19に示す。このとき、ノズル先端部に誘起される電荷は、ノズル先端の半球部に集中すると仮定し、以下の式で近似的に表される。

【数7】

$$Q = 4\pi\epsilon_0\alpha rV \quad (8)$$

ここで、 Q ：ノズル先端部に誘起される電荷、 ϵ_0 ：真空の誘電率、 ϵ ：基板の誘電率、 h ：ノズルー基板間距離、 r ：ノズル内径の半径、 V ：ノズルに印加する電圧である。 α ：ノズル形状などに依存する比例定数で、1～1.5程度の値を取り、特に $r \ll h$ のときほぼ1程度となる。

【0059】

また、基材としての基板が導体基板の場合、基板内の対称位置に反対の符号を持つ鏡像電荷 Q' が誘導されると考えられる。基板が絶縁体の場合は、誘電率によって定まる対称位置に同様に反対符号の映像電荷 Q' が誘導される。

ところで、ノズル先端部に於ける電界強度 $E_{loc.}$ は、先端部の曲率半径を R と仮定すると、

【数 8】

$$E_{loc.} = \frac{V}{kR} \quad (9)$$

で与えられる。ここで k : 比例定数で、ノズル形状などにより異なるが、1.5~8.5程度の値をとり、多くの場合5程度と考えられる（例えば、非特許文献1参照。）。。

今簡単のため、 $r = R$ とする。これは、ノズル先端部に表面張力で導電性溶液がノズル半径 r と同じ半径を持つ半球形状に盛り上がっている状態に相当する。

ノズル先端の液体に働く圧力のバランスを考える。まず、静電的な圧力は、ノズル先端部の液面積を S とすると、

【数 9】

$$p_e = \frac{Q}{S} E_{loc.} \approx \frac{Q}{4\pi r^2 / 2} E_{loc.} \quad (10)$$

(8)、(9)、(10) 式より $\alpha = 1$ とおいて、

【数 10】

$$p_e = \frac{2\varepsilon_0 V}{r} \frac{V}{kr} = \frac{2\varepsilon_0 V^2}{kr^2} \quad (11)$$

と表される。

【0060】

一方、ノズル先端部に於ける液体の表面張力を P_s とすると、

【数11】

$$P_s = \frac{2\gamma}{r} \quad (1.2)$$

ここで、 γ ：表面張力、である。

静電的な力により流体の吐出が起こる条件は、静電的な力が表面張力を上回る条件なので、

【数12】

$$P_e > P_s \quad (1.3)$$

となる。十分に小さいノズル半径 r をもちいることで、静電的な圧力が、表面張力を上回らせる事が可能である。

この関係式より、 V と r の関係を求めると、

【数13】

$$V > \sqrt{\frac{2\gamma k}{\epsilon_0} r} \quad (1.4)$$

が吐出の最低電圧を与える。すなわち、式(7)および式(1.4)より、

【数14】

$$h \sqrt{\frac{\gamma \pi}{2\epsilon_0 r}} > V > \sqrt{\frac{2\gamma k}{\epsilon_0} r} \quad (1.5)$$

が、本発明の動作電圧となる。

【0061】

ある半径 r のノズルに対し、吐出限界電圧 V_c の依存性を前述した図 9 に示す。この図より、微細ノズルによる電界の集中効果を考慮すると、吐出開始電圧は、ノズル径の減少に伴い低下する事が明らかになった。

従来の電界に対する考え方、すなわちノズルに印加する電圧と対向電極間の距離によって定義される電界のみを考慮した場合では、微小ノズルになるに従い、吐出に必要な電圧は増加する。一方、局所電界強度に注目すれば、微細ノズル化により吐出電圧の低下が可能となる。

【0062】

静電吸引による吐出は、ノズル端部における流体の帯電が基本である。帯電の速度は誘電緩和によって決まる時定数程度と考えられる。

【数 15】

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (20)$$

ここで、 ε : 流体の比誘電率、 σ : 流体の導電率である。流体の比誘電率を 10、導電率を 10^{-6} S/m を仮定すると、 $\tau = 1.854 \times 10^{-5}$ sec となる。あるいは、臨界周波数を f_c とすると、

【数 16】

$$f_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (21)$$

となる。この f_c よりも早い周波数の電界の変化に対しては、応答できず吐出は不可能になると考えられる。上記の例について見積もると、周波数としては 10 kHz 程度となる。このとき、ノズル半径 $2 \mu\text{m}$ 、電圧 500V 弱の場合、 G は $10^{-13} \text{m}^3/\text{s}$ と見積もることができるが、上記の例の液体の場合、10kHz での吐出が可能なので、1 周期での最小吐出量は 10 fl (フェムトリットル、1 fl : 10^{-15} l) 程度を達成できる。

【0063】

なお、各上記本実施の形態においては、図19に示したようにノズル先端部に於ける電界の集中効果と、対向基板に誘起される鏡像力の作用を特徴とする。このため、先行技術のように基板または基板支持体を導電性にしたり、これら基板または基板支持体に電圧を印加する必要はない。すなわち、基板として絶縁性のガラス基板、ポリイミドなどのプラスチック基板、セラミックス基板、半導体基板などを用いることが可能である。

また、上記各実施形態において電極への印加電圧はプラス、マイナスのどちらでも良い。

さらに、ノズルと基材との距離は、 $500[\mu\text{m}]$ 以下に保つことにより、溶液の吐出を容易にすることができる。また、図示しないが、ノズル位置検出によるフィードバック制御を行い、ノズルを基材に対し一定に保つようにする。

また、基材を、導電性または絶縁性の基材ホルダーに載置して保持するようにしても良い。

【0064】

図20は、本発明の他の基本例の一例としての液体吐出装置の側面断面図を示したものである。ノズル1の側面部には電極15が設けられており、ノズル内溶液3との間に制御された電圧が引加される。この電極15の目的は、Electrowetting効果を制御するための電極である。十分な電場がノズルを構成する絶縁体にかかる場合この電極がなくともElectrowetting効果は起こると期待される。しかし、本基本例では、より積極的にこの電極を用いて制御することで、吐出制御の役割も果たすようにしたものである。ノズル1を絶縁体で構成し、その厚さが $1\mu\text{m}$ 、ノズル内径が $2\mu\text{m}$ 、印加電圧が300Vの場合、約30気圧のElectrowetting効果になる。この圧力は、吐出のためには、不十分であるが溶液のノズル先端部への供給の点からは意味があり、この制御電極により吐出の制御が可能と考えられる。

【0065】

前述した図9は、本発明における吐出開始電圧のノズル径依存性を示したものである。液体吐出装置として、図11に示すものを用いた。微細ノズルになるに従い吐出開始電圧が低下し、従来より低電圧で吐出可能なことが明らかになった

【0066】

上記各実施形態において、溶液吐出の条件は、ノズル基板間距離(L)、印加電圧の振幅(V)、印加電圧振動数(f)のそれぞれの関数になり、それぞれにある一定の条件を満たすことが吐出条件として必要になる。逆にどれか一つの条件を満たさない場合他のパラメーターを変更する必要がある。

【0067】

この様子を図21を用いて説明する。

まず吐出のためには、それ以上の電界でないと吐出ししないというある一定の臨界電界 E_c が存在する。この臨界電界は、ノズル径、溶液の表面張力、粘性などによって変わってくる値で、 E_c 以下での吐出は困難である。臨界電界 E_c 以上すなわち吐出可能電界強度において、ノズル基板間距離(L)と印加電圧の振幅(V)の間には、おおむね比例の関係が生じ、ノズル間距離を縮めた場合、臨界印加電圧Vを小さくする事が出来る。

逆に、ノズル基板間距離Lを極端に離し、印加電圧Vを大きくした場合、仮に同じ電界強度を保ったとしても、コロナ放電による作用などによって、流体液滴の破裂すなわちバーストが生じてしまう。そのため良好な吐出特性を得るためには、ノズル基板間距離は $100\mu\text{m}$ 程度以下に抑えることが吐出特性並びに、着弾精度の両面から望ましい。

【0068】

【発明の効果】

請求項1記載の発明は、ノズルの吐出口の周縁部に溶液が付着することを抑えることができるので、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを抑えることができるという効果がある。

【0069】

さらに、請求項1記載の発明によれば、ノズルを従来にない超微細径とすることでノズル先端部に電界を集中させて電界強度を高めることができる。この場合、ノズルの先端部に対向する対向電極がなくとも液滴の吐出を行うことが可能である。ノズル先端部に誘起される電荷と基材側の鏡像電荷又は映像電荷間での静

電力により液滴の飛翔が行われる。

【0070】

請求項2記載の発明は、ノズルの内面に溶液が付着することを抑えることができるので、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを抑えることができるという効果がある。

【0071】

請求項3記載の発明は、ノズルに溶液が付着することを抑えることができるので、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを抑えることができるという効果がある。

【0072】

請求項4記載の発明は、液面がノズル内にあるので、溶液がノズル吐出口付近に付着することを抑えることができる。また、溶液の乾燥を防ぎ、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができるという効果がある。

【0073】

請求項5記載の発明は、溶液内の帯電成分を均一に拡散した状態に保つことができるので、帯電成分が凝集することを抑えることができる。また、溶液を絶えず動かすことができるので、ノズル内に溶液が付着することを抑え、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができるという効果がある。

【0074】

請求項6記載の発明は、吐出電圧印加手段により電圧を印加するので、簡単な構造で溶液に電圧を印加することができる。さらに、吐出開始電圧より小さい電圧範囲で振幅する繰り返し電圧を印加するので、液滴を吐出させない状態で、溶液中の帯電成分を攪拌させることができ、帯電成分が凝集することを抑えることができる。また、溶液を絶えず動かすことができるので、ノズル内に溶液が付着することを抑え、溶液がノズルに固着することを防ぐことができる。そのため、ノズルの目詰まりを防止することができるという効果がある。

【0075】

請求項7記載の発明は、ノズルの絶縁化した部分の外側に設けられた流動供給用電極と吐出電圧印加手段とによる印加電圧に電位差を設けることで、エレクトロウェットング効果を得ることを可能とし、ノズル内のぬれ性の向上により、超微細径のノズルに対して溶液供給の円滑化を図ることを可能とする。

【0076】

また、ノズルをより微細径とすることにより、ノズル先端部に電界をより集中させることができる。その結果、形成される液滴を微小で且つ形状の安定化したものとすることができると共に、総印加電圧を低減することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ノズル径を $\phi 0.2 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図1 (a) はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図1 (b) は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図2】

ノズル径を $\phi 0.4 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図2 (a) はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図2 (b) は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図3】

ノズル径を $\phi 1 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図3 (a) はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図3 (b) は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図4】

ノズル径を $\phi 8 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図4 (a) はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図4 (b) は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分

布を示す。

【図 5】

ノズル径を $\phi 20$ [μm]とした場合の電界強度分布を示し、図 5 (a) はノズルと対向電極との距離が 2000 [μm]に設定されたときの電界強度分布を示し、図 5 (b) は、ノズルと対向電極との距離が 100 [μm]に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図 6】

ノズル径を $\phi 50$ [μm]とした場合の電界強度分布を示し、図 6 (a) はノズルと対向電極との距離が 2000 [μm]に設定されたときの電界強度分布を示し、図 6 (b) は、ノズルと対向電極との距離が 100 [μm]に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図 7】

図 1 ～図 6 の各条件下での最大電界強度を示す図表を示す。

【図 8】

ノズルのノズル径のメニスカス部の最大電界強度と強電界領域の関係を示す線図である。

【図 9】

ノズルのノズル径とメニスカス部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示す線図である。

【図 10】

ノズル径とメニスカス部の強電界の領域の関係で表されるグラフである。

【図 11】

本発明の実施形態 (イ) のノズルに沿った液体吐出装置の断面図である。

【図 12】

(A) は溶液の吐出動作と溶液に印加される電圧との関係を示す説明図であって、吐出を行わない状態を示す図である。

(B) は溶液の吐出動作と溶液に印加される電圧との関係を示す説明図であって、吐出状態を示す図である。

【図 13】

本発明の実施形態（イ）のノズルの断面図である。

【図 14】

本発明の実施形態（イ）の吐出待機時の電圧印加パターンを示す図である。

【図 15】

本発明の実施形態（イ）のテスト駆動パターンを示す図である。

【図 16】

本発明の実施形態（イ）の実施例の実験条件と実験結果を示す図表である。

【図 17】

本発明の実施形態（ロ）のノズル 21 に沿った液体吐出装置 20 の断面図である。

【図 18】

(A) は、本発明の実施形態（ロ）のノズル内流路内の溶液がノズルの先端部において凹状にメニスカスを形成している状態を示す図である。

(B) は、本発明の実施形態（ロ）のノズル内流路 22 内の溶液がノズル 21 の先端部において凸状にメニスカスを形成している状態を示す図である。

(C) は、本発明の実施形態（ロ）のノズル内流路 22 内の溶液の液面を所定距離だけ引き込んだ状態を示す図である。

【図 19】

本発明の実施の形態として、ノズルの電界強度の計算を説明するために示したものである。

【図 20】

本発明の一例としての液体吐出機構の側面断面図を示したものである。

【図 21】

本発明の実施の形態の液体吐出装置における距離－電圧の関係による吐出条件を説明した図である。

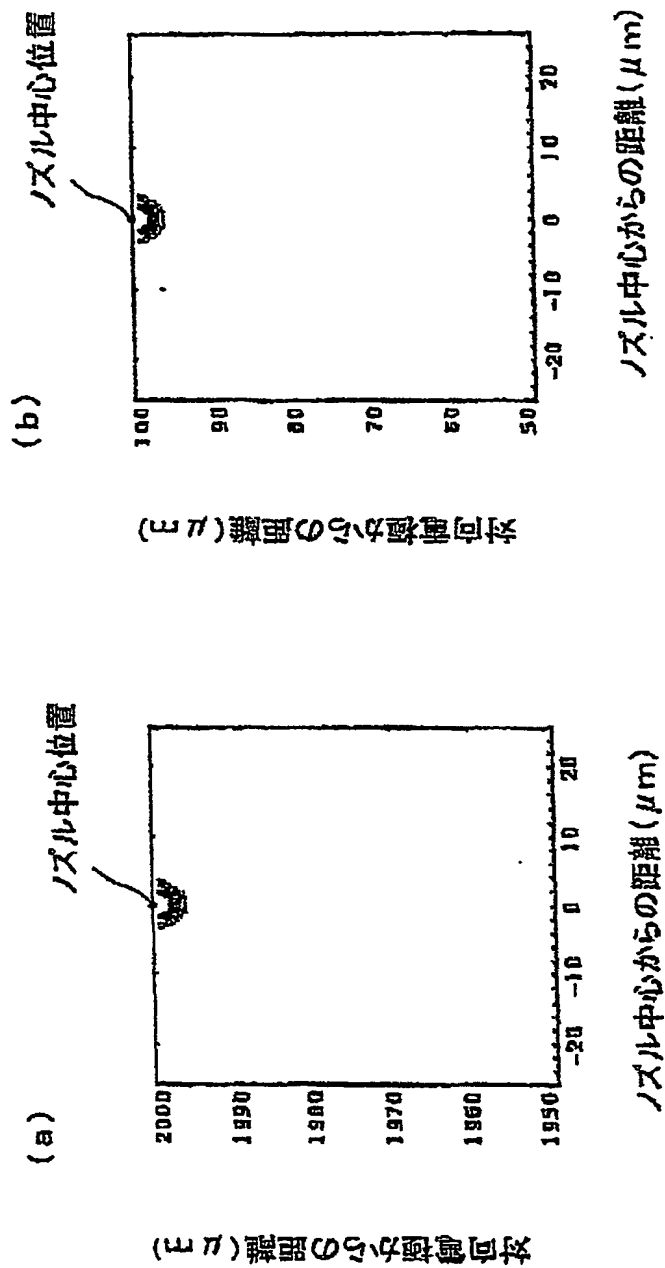
【符号の説明】

1…ノズル 2…金属電極線 3…溶液 15…ノズル外側の電極 20…液体吐出装置 21…ノズル 22…流路 23…対向電極 24…溶液室 25…

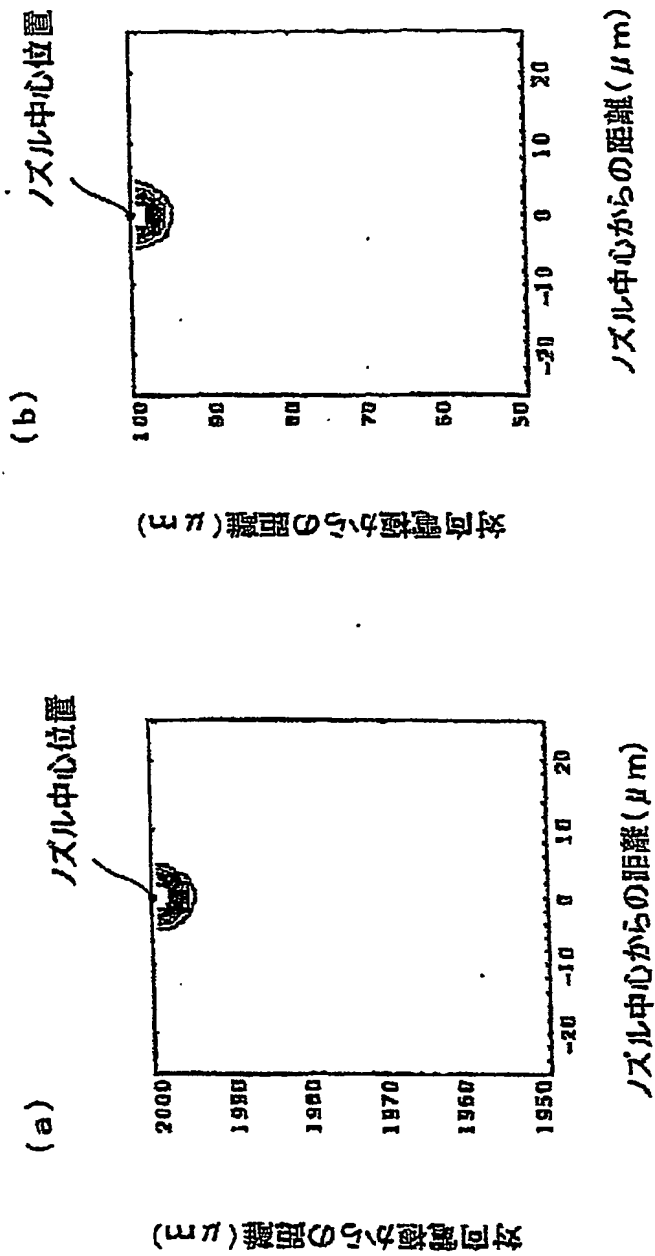
吐出電圧印加手段 2 6 …ノズルプレート 2 6 a …ベース層 2 6 b …流路層
 2 6 c …上面層 2 6 d …絶縁層 2 7 …供給路 2 8 …吐出電極 2 9 …吐
 出電圧電源 3 0 …バイアス電源 3 1 …溶液供給手段 4 1 …ピエゾ素子 4
 2 …駆動電圧電源 5 0 …動作制御手段 1 0 1, 1 0 2 …撥水膜 K …基材

【書類名】 図面

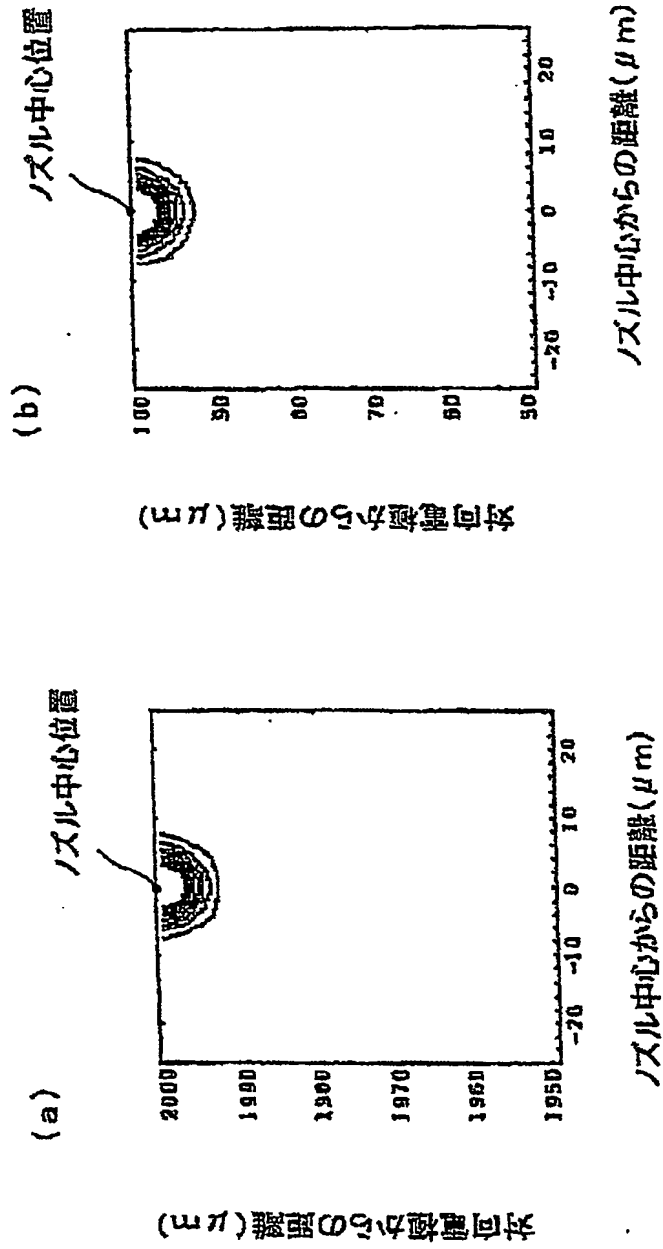
【図 1】



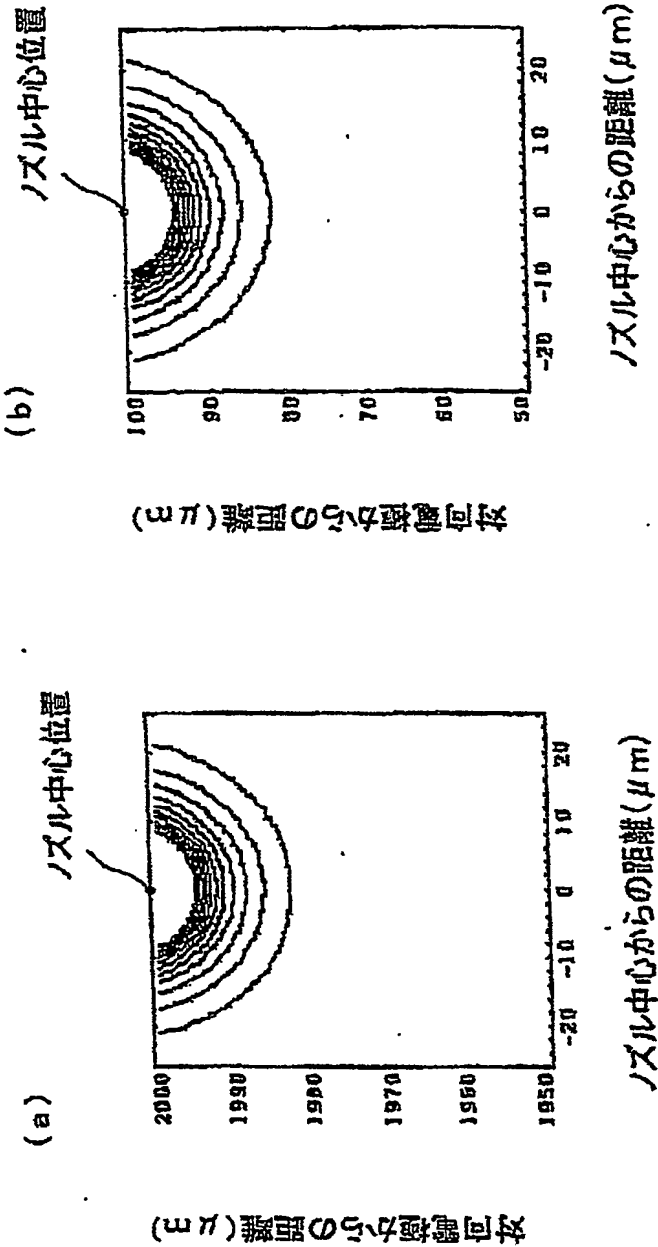
【図 2】



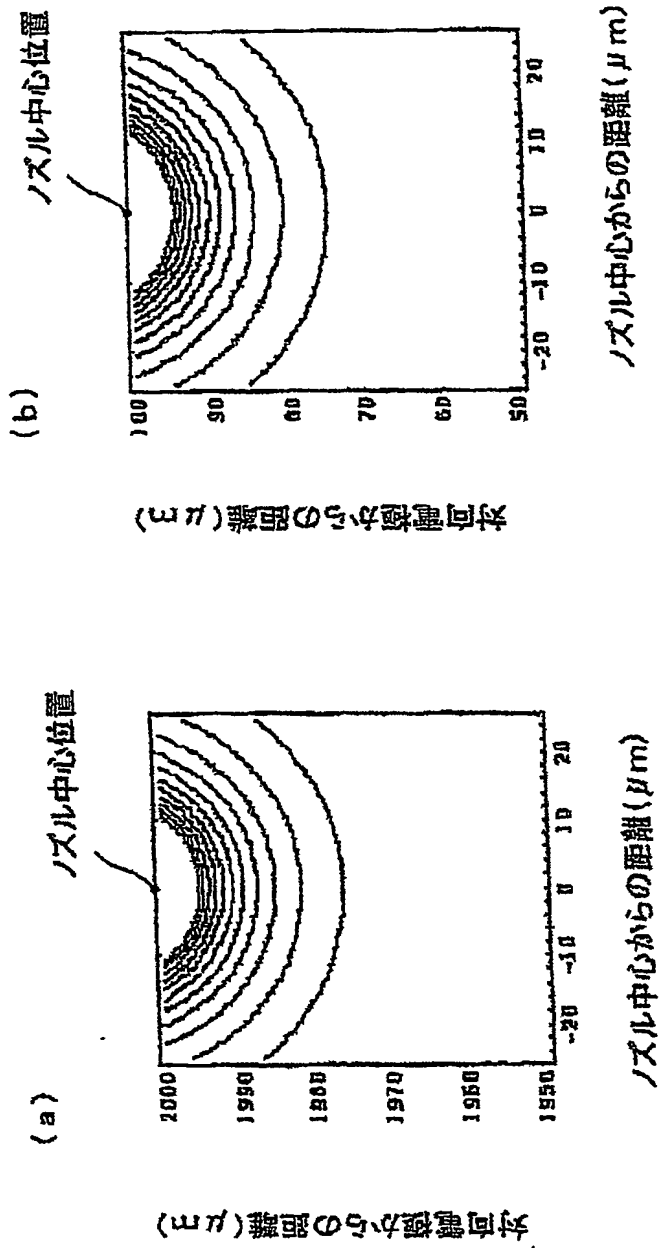
【図 3】



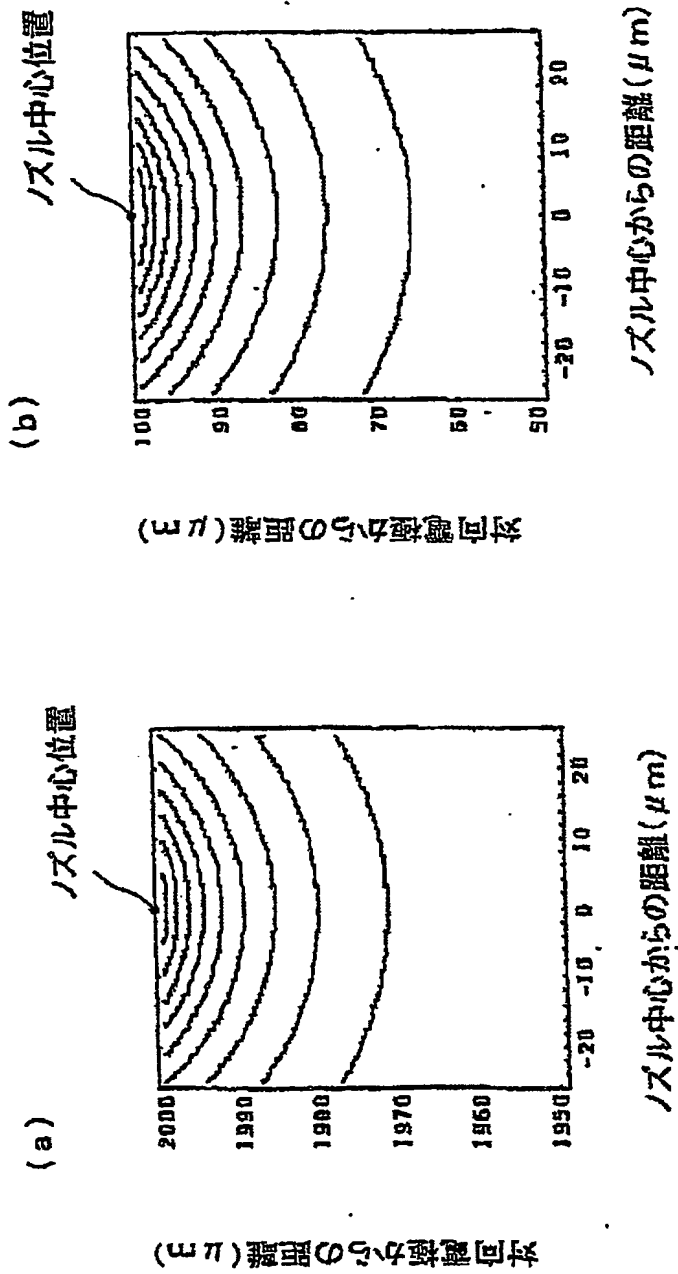
【図 4】



【図5】



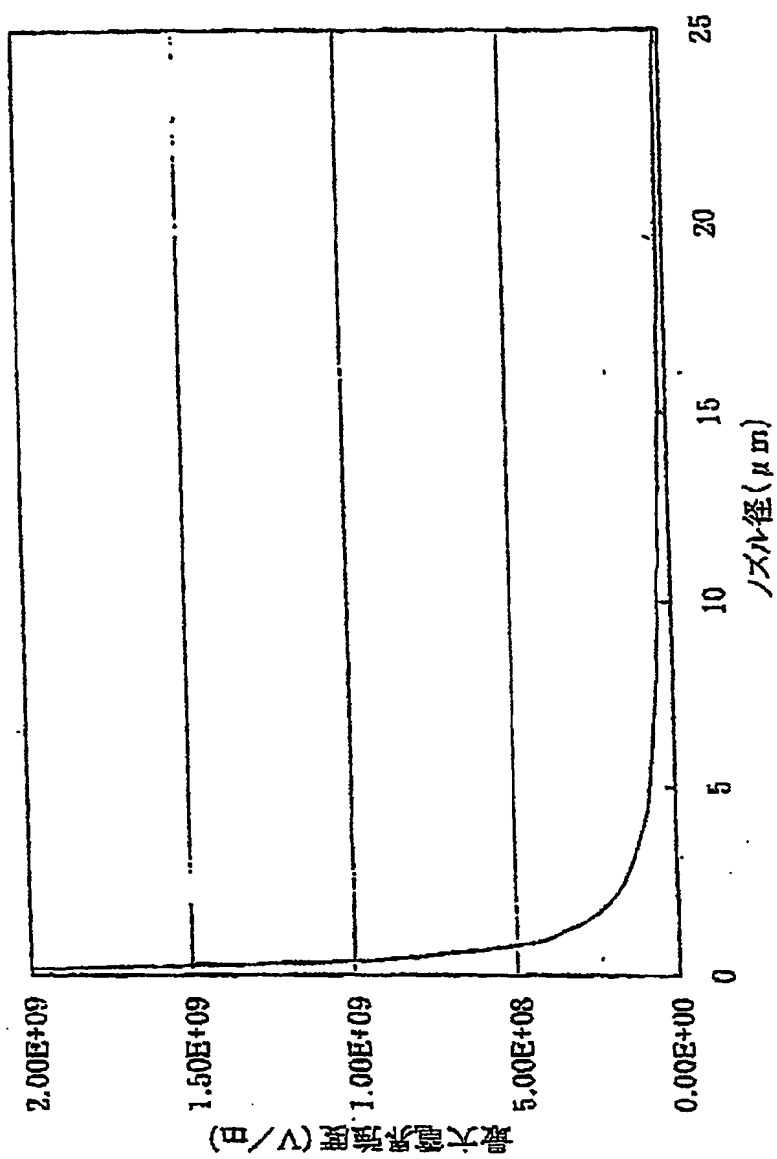
【図6】



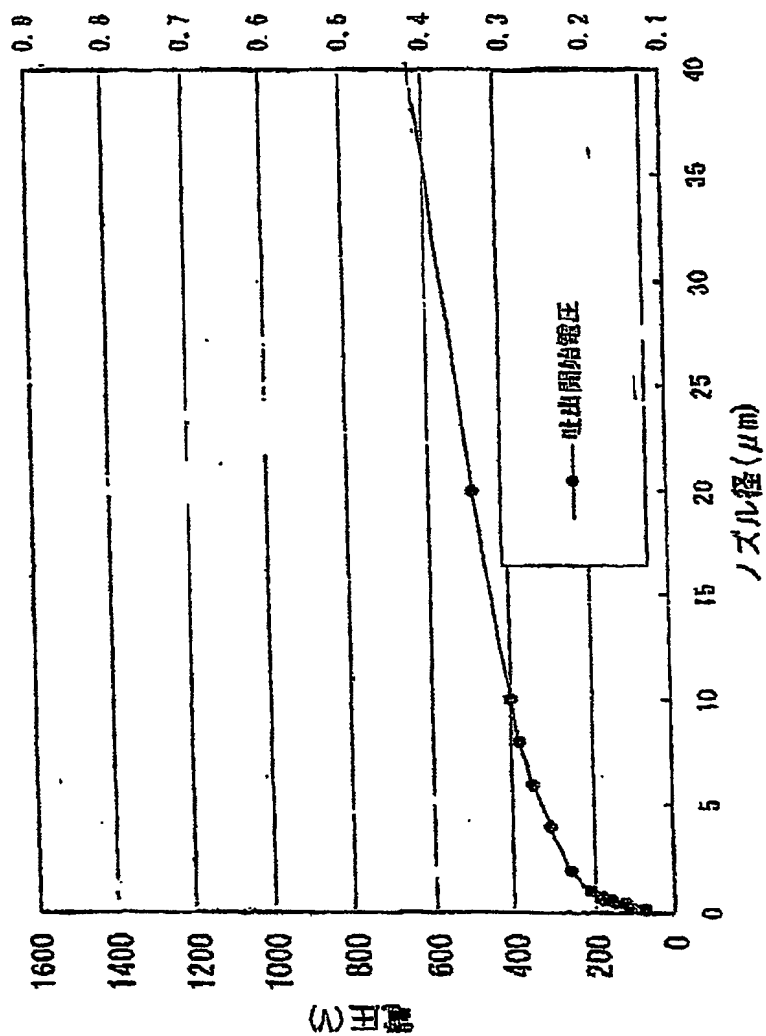
【図 7】

ノズル径 (μm)	最大電界強度 (V/m)		変動率 (%)
	ギャップ 100 (μm)	ギャップ 2000 (μm)	
0.2	2.001×10^9	2.00005×10^9	0.05
0.4	1.001×10^9	1.00005×10^9	0.09
1	0.401002×10^9	0.40005×10^9	0.24
8	0.0510196×10^9	0.05005×10^9	1.94
20	0.0210476×10^9	0.0200501×10^9	4.98
50	0.00911111×10^9	0.00805×10^9	13.18

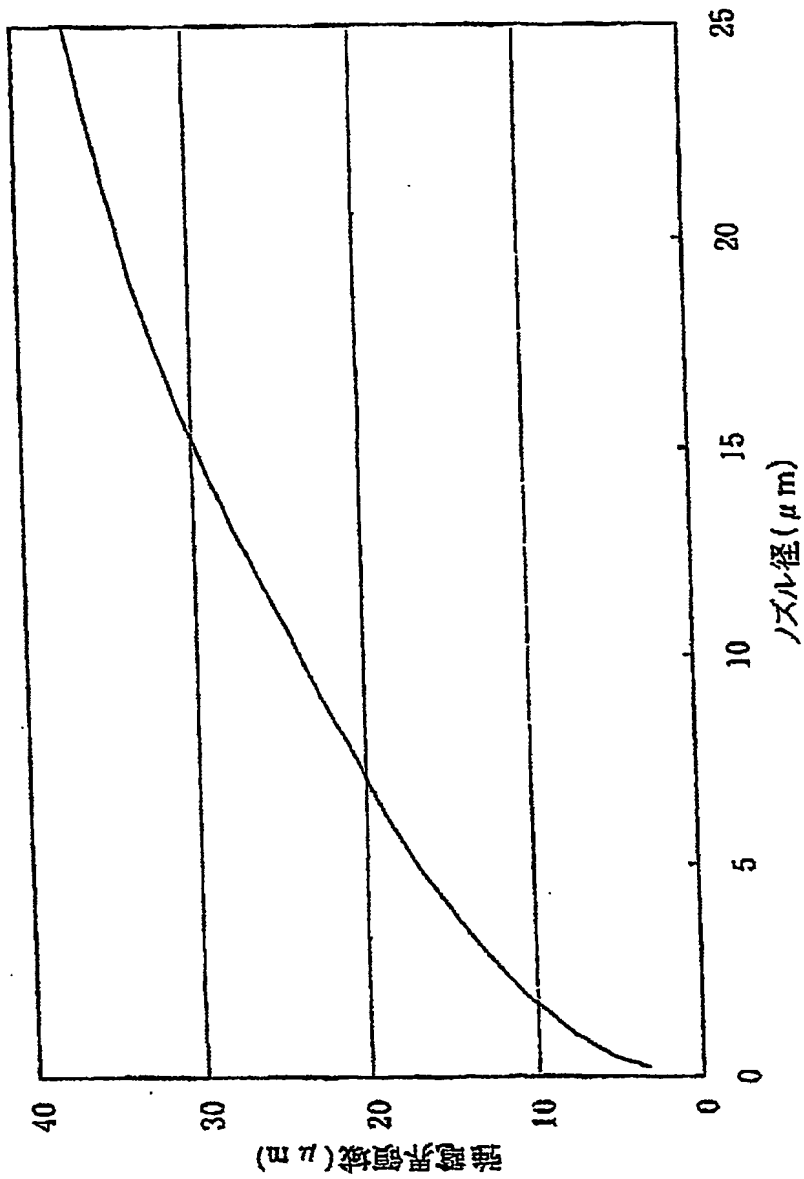
【図 8】



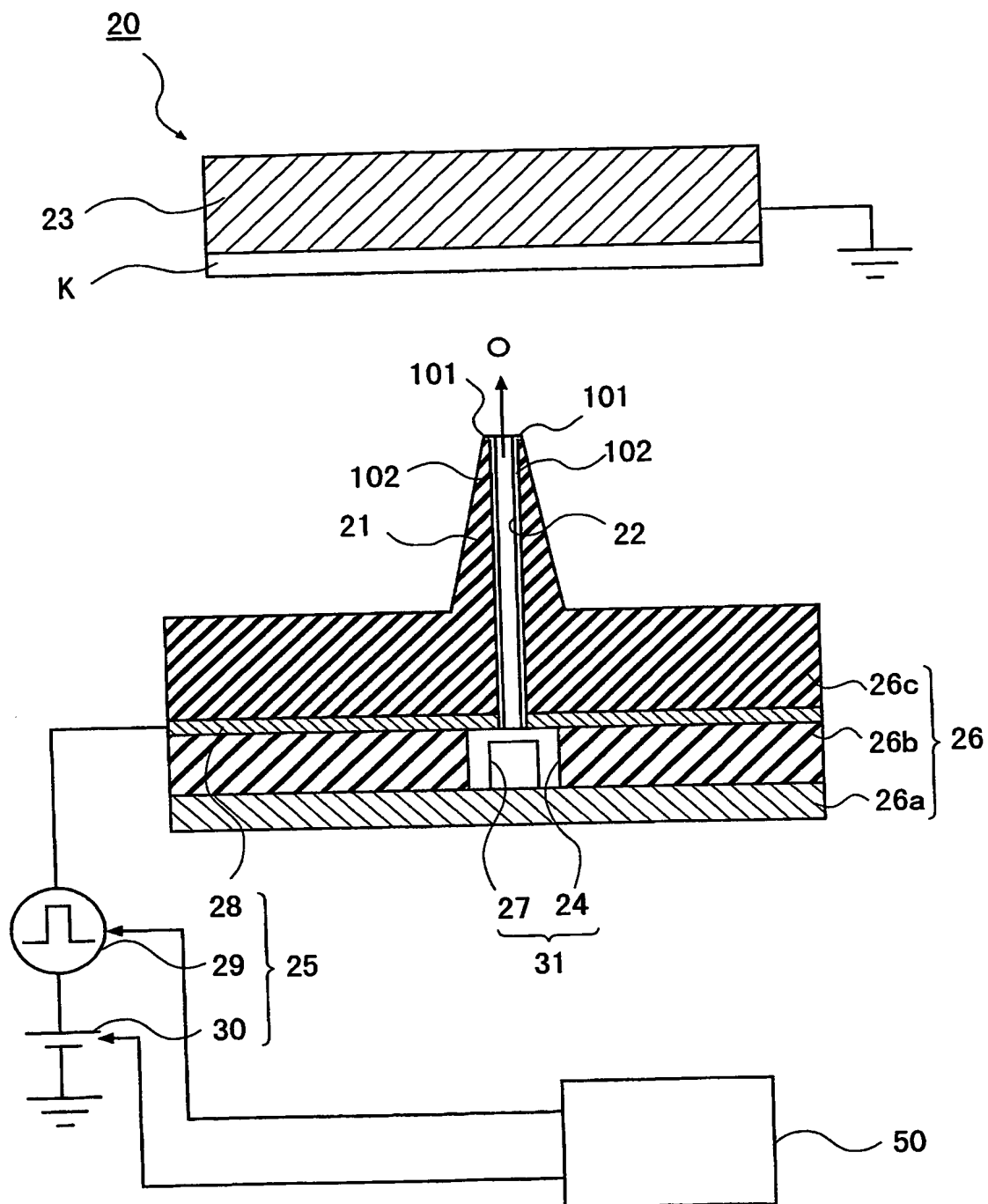
【図 9】



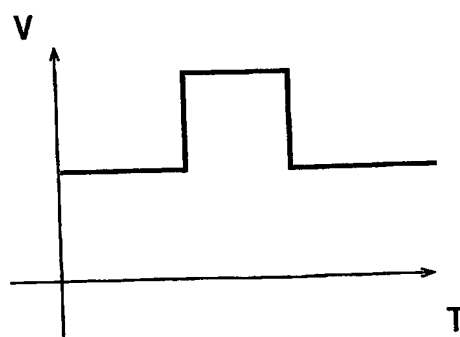
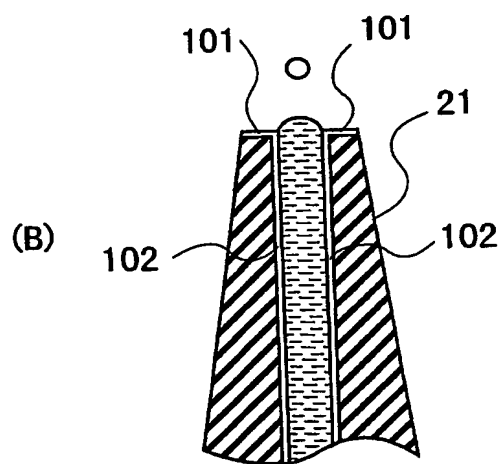
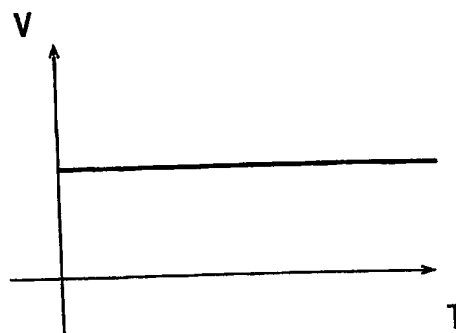
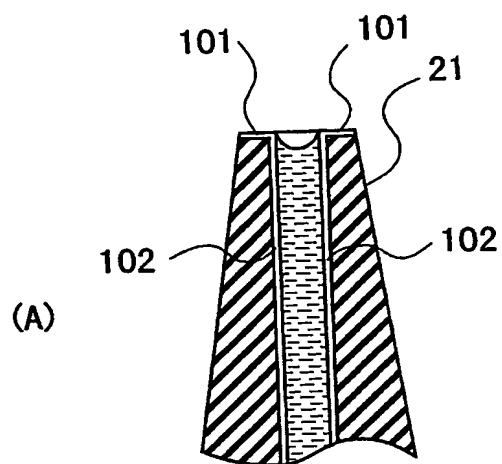
【図 10】



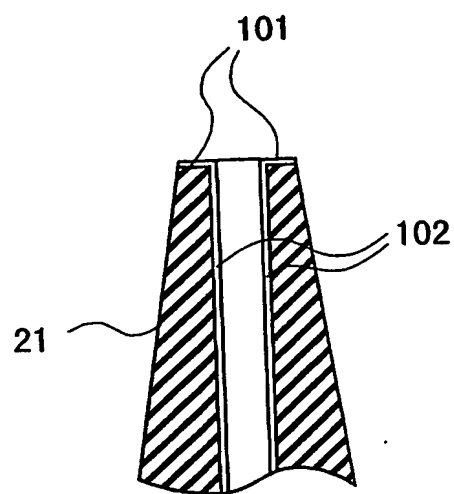
【図 11】



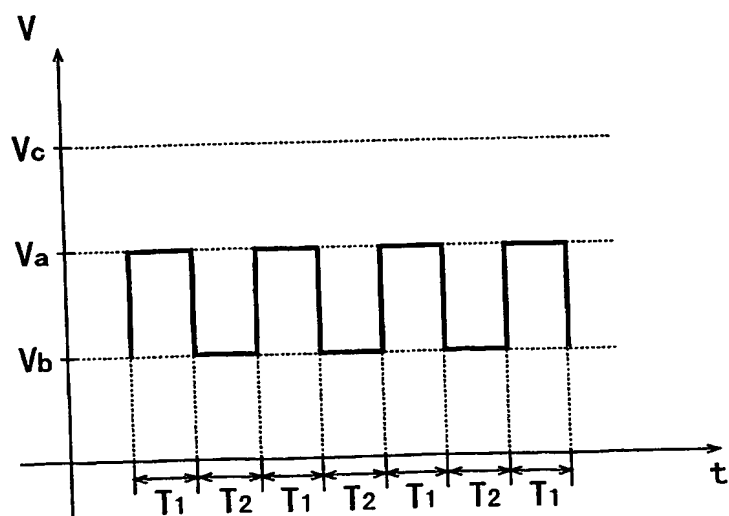
【図 12】



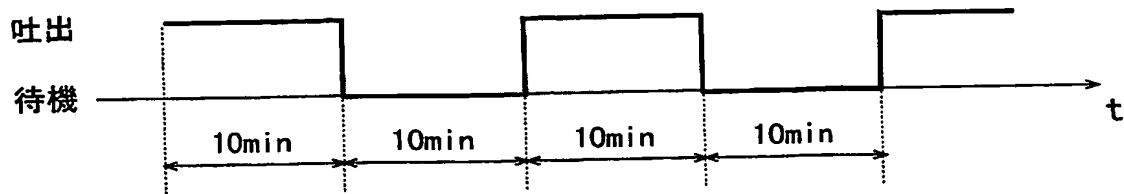
【図 13】



【図 14】



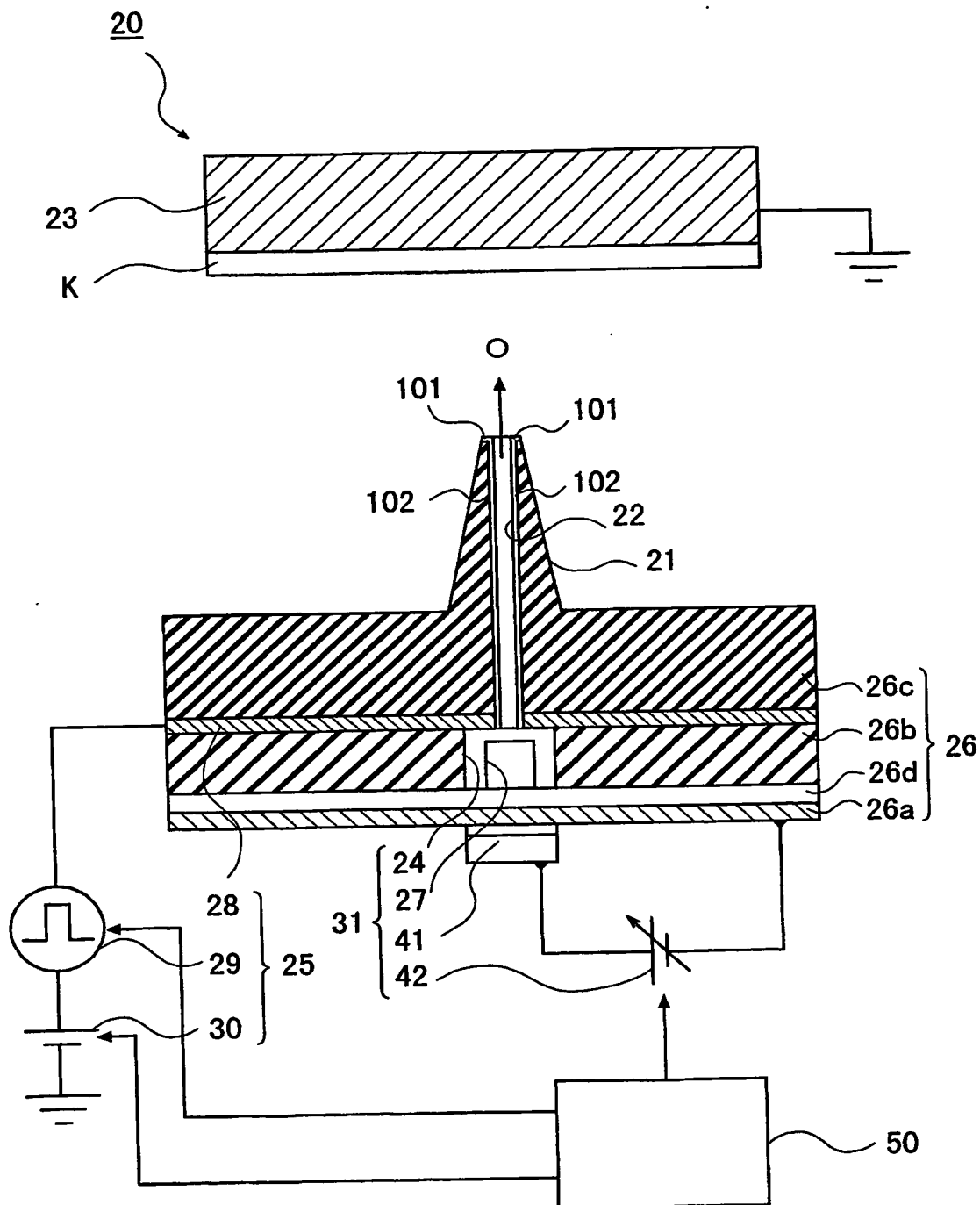
【図 15】



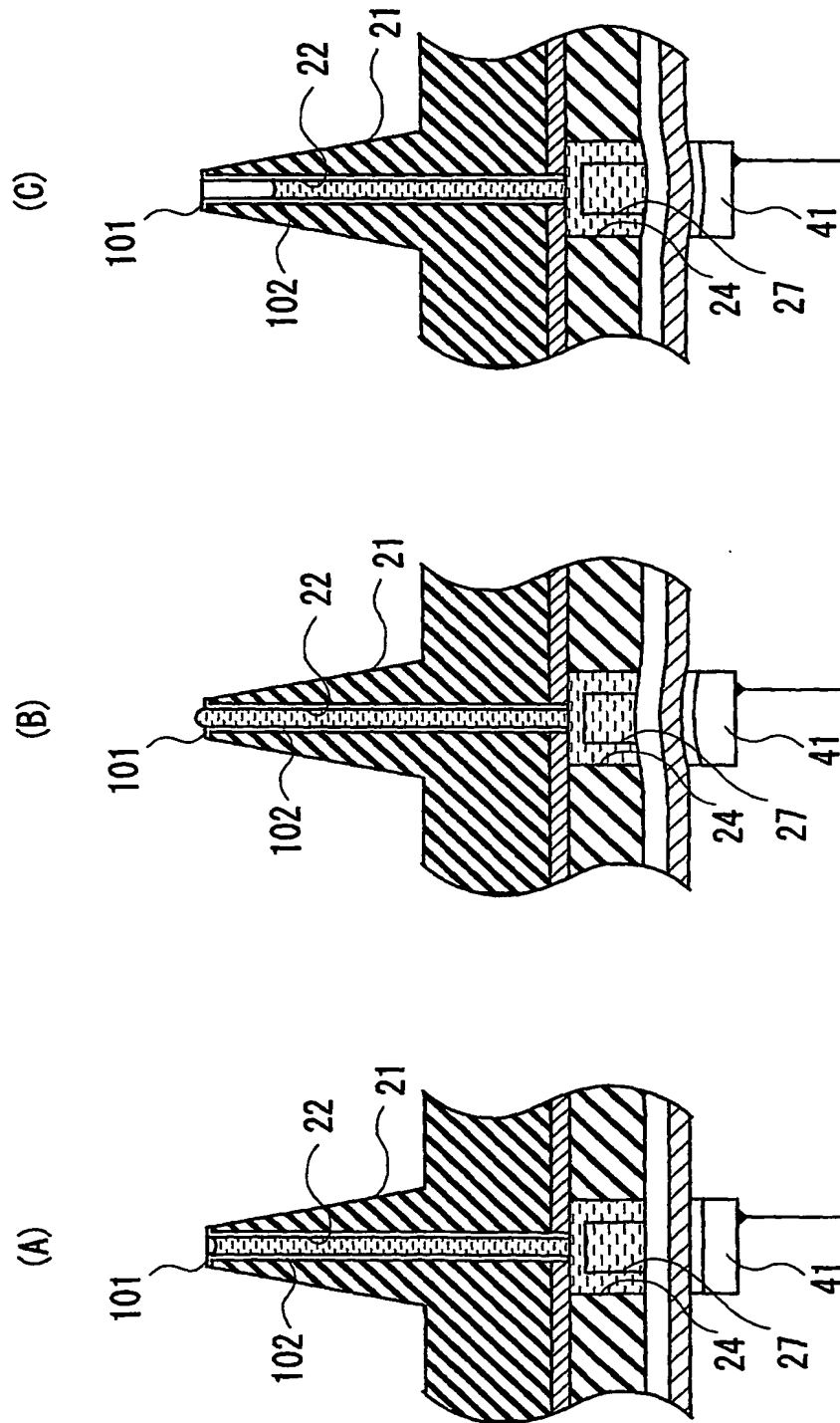
【図 16】

No.	撥水膜	吐出待機時の 電圧印加パターン	応答性	目詰まり
1	無し	無し	—	NG
2	無し	有り	3	OK
3	領域 1 有り	無し	1	OK
4	領域 1 有り	有り	4	OK
5	領域 2 有り	無し	2	OK
6	領域 2 有り	有り	5	OK

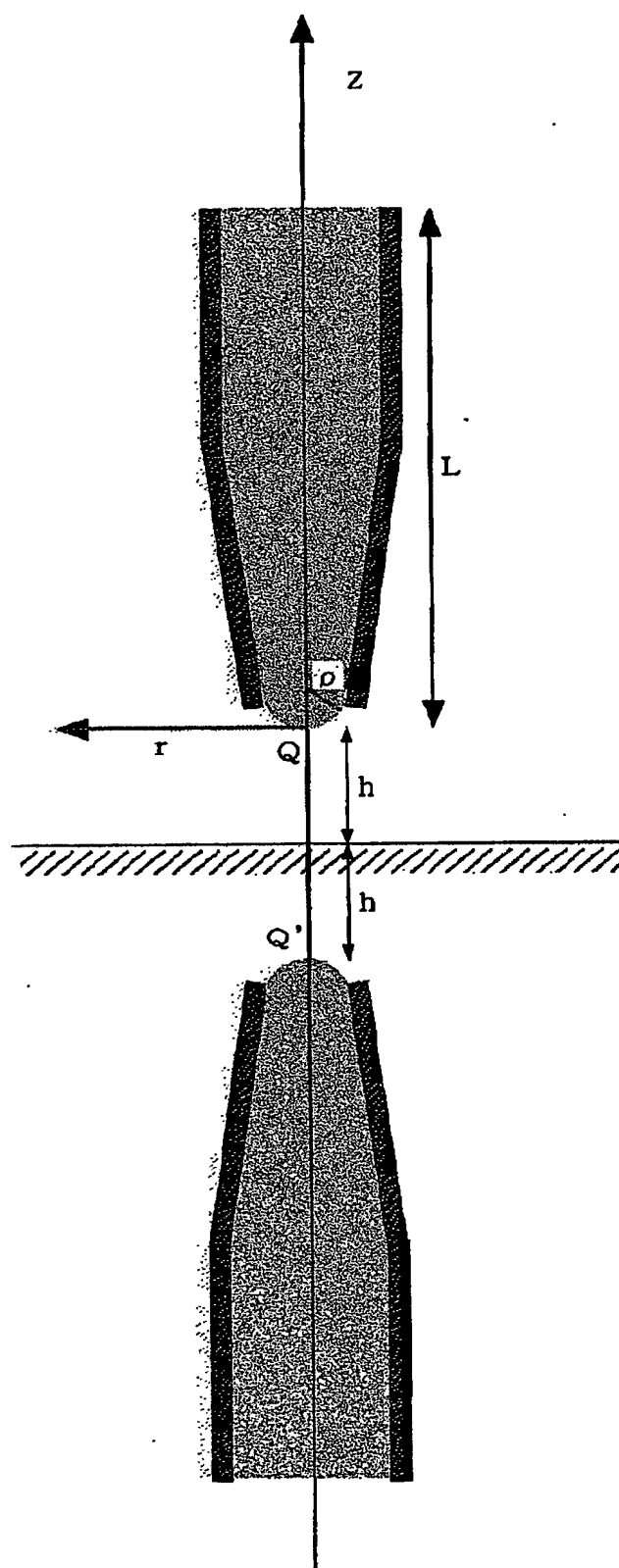
【図 17】



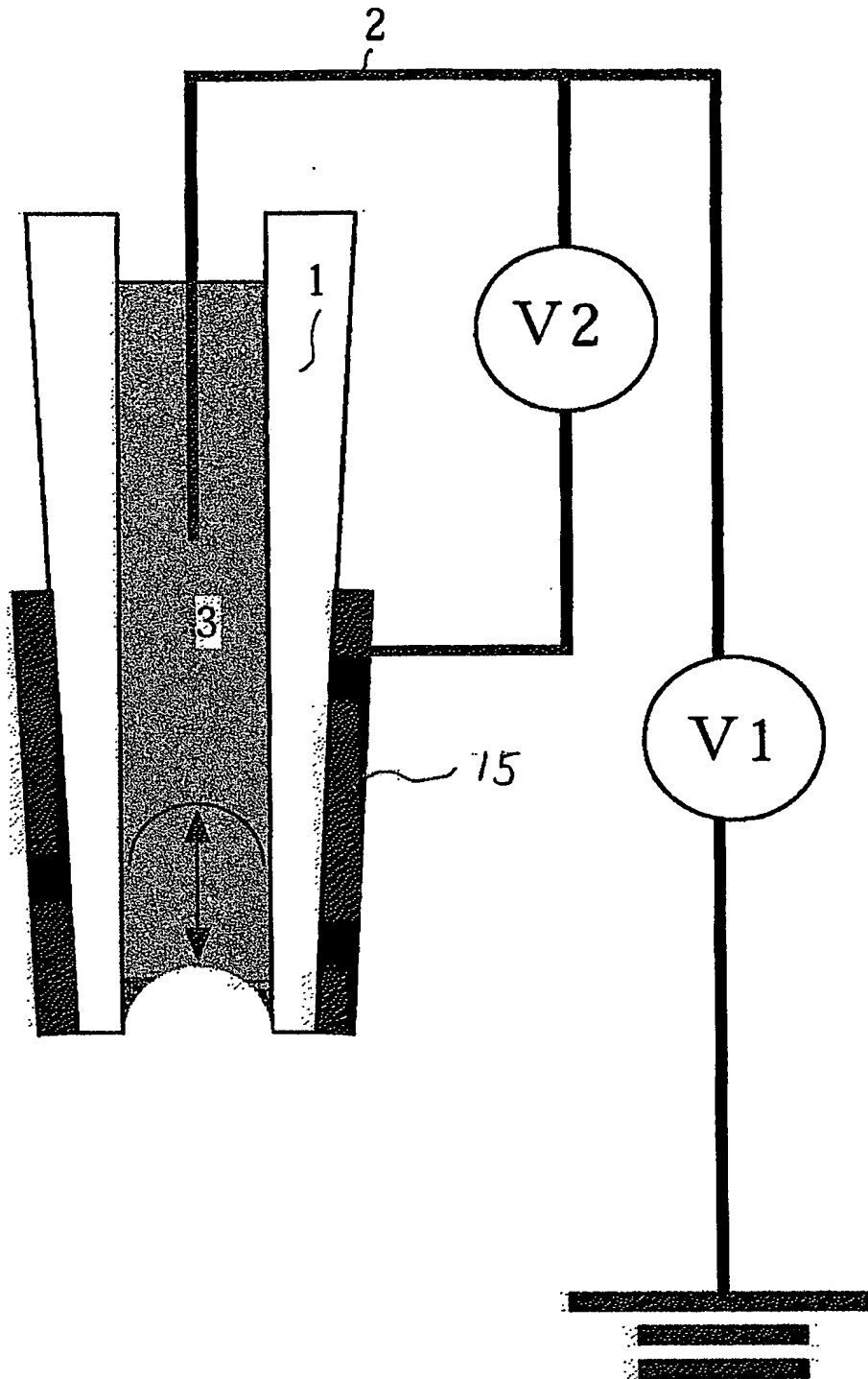
【図 18】



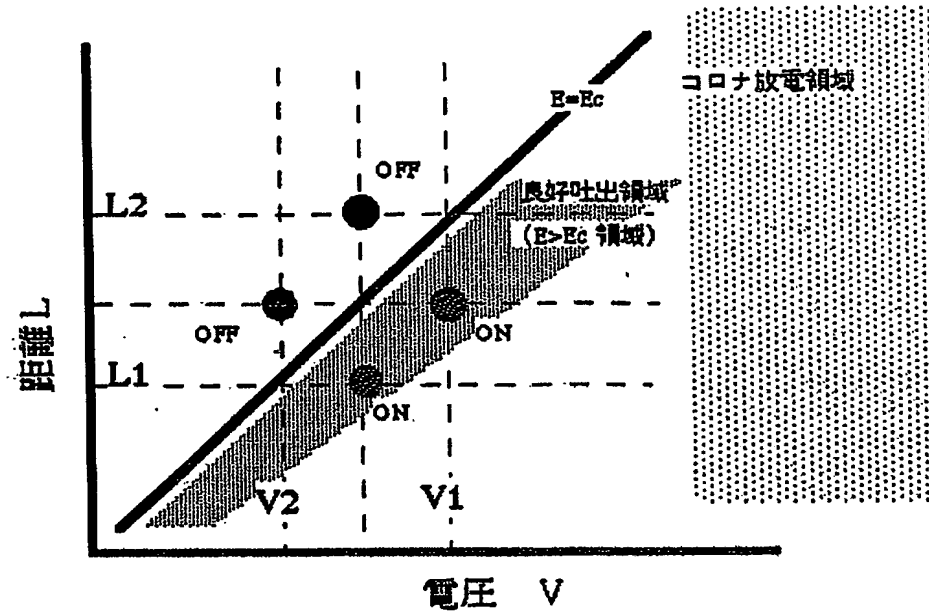
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ノズル周辺に溶液が付着することを抑え、ノズルの目詰まりを防止する

。

【解決手段】 ノズルの吐出口の周縁部表面やノズルの内面にノズル基材を無電解 Ni-P 処理後、フッ化ピッチを共析させることにより、ノズル基材よりも撥水性の高い撥水膜 101, 102 を成膜する。また、吐出待機時に、溶液に吐出開始電圧 V_c より小さい異なる電圧 V_a , V_b を交互に印加させ、ノズル内で液面を振幅させるとともに、溶液中の帯電成分を攪拌させる。あるいは、吐出待機時に、ピエゾ素子 41 に所定電圧を印加させ、溶液室 24 の内部容積を増加させ、内圧変化により溶液の液面がノズル内に位置するように制御する。

【選択図】 図 13

特願 2002-278235

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001270]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名 コニカ株式会社
2. 変更年月日 2003年 8月 4日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社
3. 変更年月日 2003年 8月21日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社

特願 2 0 0 2 - 2 7 8 2 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 5 0 4 9]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変 更 理 由]

新 規 登 録

住 所

大 阪 府 大 阪 市 阿 倍 野 区 長 池 町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シ ャ ー プ 株 式 会 社

特願 2 0 0 2 - 2 7 8 2 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 1 0 2 1 5 3 3]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.